

**August 2022**

**Andreas Treutmann**



**Kostenlose E-Book Ausgabe als pdf**

# **Was der blinde Uhrmacher nicht sah**

## **Die verdeckten Wege der Evolution**

*Ein Sachbuch zur Diskussion über die Evolution*

*Nach 11 Jahre wurde das immer noch gefragte Buch vom Markt genommen  
Einige Ergänzungen und Aktualisierungen sind hinzugekommen.*

*Dies ist eine kostenlose Ausgabe, die mit Genehmigung des Autors  
heruntergeladen und kopiert werden darf*

*Andreas Treutmann 4.8.2022*

*Ein fremdes Copyright existiert seit 1.8.2022 nicht mehr*

## **Inhalt**

*Evolution und ein ungutes Gefühl*

### **Der Weg zur aktuellen Lehre**

*Axiome, Hypothesen, Paradigmen und Dogmen*

*Paradigmenwechsel zum Ende des Mittelalters*

*Das mechanistische Weltbild und der Laplacesche Dämon*

*Ein neues Weltbild im Vorfeld des Industrialismus*

*Darwinismus*

*Lyells Aktualismus*

### **Das moderne Weltbild entsteht**

*Moderne Physik*

*Moderne Geologie*

*Neodarwinismus*

*Affe und Wiesel im Dienste der Evolution*

*Der ewig tippende Affe*

*Die Grenzen des Zufalls*

*Ein Wiesel erklärt die Evolution neu*

### **Struktur, Information und Intelligenz**

*Was die alten Griechen wussten*

*Wie Information entsteht und welche Kommunikationswege sie nehmen kann*

*Informationsfluss in Steuer- und Regelmechanismen*

*Informationsfluss in einem phänomenalen Bewusstsein*

*Informationsfluss in einem gedanklichen Bewusstsein*

*Künstliche Intelligenz*

## **Die Entstehung von Leben**

*Was ist eigentlich Leben?*

*Ursuppe und Grundbausteine des Lebens*

*Das fehlende Glied zwischen belebter und unbelebter Materie?*

*Der weite Weg zum Ziel*

*Schwarze Raucher und Weiße Türme*

*Leben im und aus dem Weltall*

*Wo stehen wir heute?*

## **Entstehung und Fluss von Information im evolutionären Prozess**

*Vertikaler Informationsfluss*

*Information unter dem Einfluss von Darwins Algorithmus*

*Erworbene Eigenschaften als Information für die Nachkommen*

*Ungenutzte bereits vorhandene Information, die aktiviert wird*

*Viren als Motor der Evolution*

*Der gepatchte Organismus*

*Evolution aus dem Weltall*

*Horizontaler Informationsfluss*

*Horizontaler Gentransfer*

*Zusätzlicher Informationsfluss von außerhalb des Organismus*

*Epigenetik*

*Gibt es ein genetisches Programm?*

*Information von außerhalb der DNA*

*Rupert Sheldrake und das morphogenetische Feld*

*Chaos und Selbstorganisation*

## **Evolution und Intelligenz**

*Maxwells Dämon und der Einfluss der Intelligenz*

*Information und Geist als Akteure der Evolution*

*Das Steuerrad der Evolution*

*Intelligenz als Faktor der Evolution*

*Der direkte Weg oder der Sieg des Pragmatismus*

*Intelligenz ersetzt Darwins Mechanismus*

## **Kultur als Träger einer geistigen Evolution**

*Kultur verändert die Spielregeln*

*Eine mentale Umwelt nimmt Einfluss auf die Entwicklung*

*Der blinde und der sehende Uhrmacher*

## **Das Resultat einer Analyse**

*Der unsinnige Kampf um die Exklusivrechte*

*Neue Wege*

## *Evolution und ein ungutes Gefühl*

Haben Sie auch manchmal ein etwas ungutes Gefühl, die Evolutionstheorie so zu akzeptieren, wie sie gelehrt wird?

Der Mensch empfängt Information von außen und speichert sie in seinem Gehirn ab. Dieser Vorgang ist aber nicht mit Google zu vergleichen, das eine nahezu unglaubliche Menge Information aufgesaugt hat und weiterhin aufsaugt. Information wird bei der Übertragung von einem Sender zu einem Empfänger in eine physikalische Struktur umgewandelt, wie z.B. diese Schriftzeichen, die binäre Struktur auf einem digitalen Speichermedium, oder eine Struktur bei der Dichte der Luft, wenn die Information durch Sprache in Form von Schallwellen übertragen wird. Genau solche Strukturen fängt Google im Internet ein und speichert Information dazu sie ab. Die große Leistung von Google aber ist es, dass es diese Strukturen wieder auffindbar macht und die Suche mittels Teilstrukturen in beliebiger Kombination ermöglicht. Die Logik und Technik, die dahinter steht ist so kraftvoll, dass der enorme Suchaufwand in Echtzeit das Resultat liefert. Die zu suchende Information selbst bleibt größtenteils an ihrem Ursprungsort.

Wer jetzt aber glaubt, dass wie in einem Terminator- oder Matrix Film die Übernahme der Herrschaft durch die Maschinen in nicht allzu weiter Zukunft liegt, der hat einen wichtigen Unterschied übersehen.

Auch der Mensch empfängt diese Strukturen. Im Gegensatz zu Google tut er aber noch etwas mehr: Er wandelt diese mittels seiner Vorstellung in für ihn verständliche Information mit Bedeutung um. Bevor diese Information jedoch im Gehirn gespeichert, oder von seinem Verstand verarbeitet wird, wird sie zunächst einmal gefühlsmäßig bewertet. Dazu wird das in der Information beschriebene Objekt in Relation zu assoziierbarer Information gebracht und mit gefühlsmäßigen Attributen versehen wie „mag ich“ „verabscheue ich“ „habe ich Angst vor“ „macht mir Freude“, „macht mich wütend“. Außerdem wird die Information in Relation zum sendenden Objekt gesetzt, dem selbst solche Attribute zukommen, damit der Information auch ein gefühlsmäßiger Wahrheitsgehalt zugeteilt werden kann wie „glaube ich“, „vertraue ich“, „bezweifle ich“, „akzeptiere ich als wahr“, „ist mir suspekt“, „ist mir egal“. Erst dann wird diese Information abgespeichert und gegebenenfalls, aber nicht grundsätzlich, vom Verstand logisch weiterverarbeitet. Selbst wenn der Verstand diese Information später unter logischen Gesichtspunkten verarbeitet, ist nicht generell gesichert, dass ihr dabei ein eindeutiger logischer Wahrheitswert, also „wahr“ oder „falsch“ zugeordnet werden kann.

Erst wenn alle Teilinformationen einen logischen Wahrheitswert besitzen, ist eine Streitfrage in einer Diskussion eindeutig zu klären, und erst jetzt könnte eine Maschine wie Google neue logische Schlüsse durch Variation und Kombination gespeicherter Strukturen mit Wahrheitswerten ziehen.

Dies ist aber in vielen Fällen nicht möglich. Man kann dann das Problem rational und logisch angehen, indem man eine Hypothese aufstellt, für die man einen Wahrheitswert annimmt und versucht, die hierdurch gewonnenen Resultate durch Beobachtungen in der realen Welt zu bestätigen.

Ist man dazu nicht in der Lage, so ist man, genauso wie jemand der auf eine rationelle Analyse aus Bequemlichkeit oder mangelndem Interesse verzichtet, auf sein Gefühl angewiesen. Die Gefühle unterschiedlicher Individuen sind jedoch grundsätzlich nicht identisch. Jeder kann einer empfangenen Information individuelle gefühlsmäßige Attribute zuteilen.

Hier liegt die eigentliche Ursache der Diskussion und Konfrontation. Ein Ausweg aus dem Dilemma ist es, Information einen nicht individuellen allgemeinen Wert zukommen zu lassen, den sich jedes Individuum zusammen mit der Information zu Eigen machen kann. Solche Information nennt man Wissen.

Doch selbst dann stößt man auf Probleme, wenn der Verstand diese Information weiterverarbeitet. Ziel der Weiterverarbeitung ist es, zu neuen logischen Resultaten durch Kombination mit vorhandener Information zu gelangen oder völlig neue Erkenntnisse zu erlangen, indem man in seiner Fantasie mittels verschiedener Annahmen neue Modelle für die Wirklichkeit, konstruiert, die man später durch Beobachtungen bestätigen müsste.

Der Fantasie sind jedoch keine Grenzen gesetzt. Sie kann sich alles vom tragbaren Loch bis zum Perpetuum Mobile ausdenken. Um unnötige oder bereits abgeschlossen Diskussionen zu vermeiden, wird dem Verstand durch die Vernunft eine Grenze gesetzt. Dem Verstand ist es selbstverständlich erlaubt auch unvernünftige Gedanken zu produzieren.

Was vernünftig ist, muss eingegrenzt werden. Vernünftig ist es, sich an die Axiome und Regeln der Mathematik und Logik zu halten aber auch die Naturgesetze sind eine sinnvolle Begrenzung.

Werden hieraus bewiesene Lehrsätze und Theoreme abgeleitet, ist es natürlich auch unvernünftig gegen diese zu verstoßen.

Nicht beweisbare Annahmen oder Behauptungen nennt man Hypothesen. Hypothesen, die für die Wissenschaft brauchbare Ergebnisse liefern, werden als wahr angenommen und

häufig in den Bestand des Wissens bzw. in die allgemeine Lehrmeinung aufgenommen. Sie erhalten den Status von Paradigmen, die den Bereich der vernünftigen Lösungsvorschläge weiter eingrenzen, besonders dann, wenn in einer Diskussion nicht mehr zwischen Lehrsatz und Paradigma unterschieden wird.

Unvernünftig bzw. unwissenschaftlich ist dann vom Standpunkt der offiziellen Lehrmeinung alles, was sich außerhalb dieses Bereiches bewegt. Damit werden Gegenhypothesen und abweichende Ideen gar nicht erst zur Kenntnis genommen oder von der Diskussion ausgeschlossen, selbst wenn sie sich an Logik und Naturgesetze halten.

In der Grauzone zwischen den Paradigmen und Naturgesetzen gibt es jedoch Lösungsvorschläge, die vom logischen Standpunkt gesehen nicht ausgegrenzt werden dürfen.

Besonders im Bereich des Wissens zur Evolution beschleicht viele Menschen ein ungutes Gefühl, da für sie selbst der rationelle logische Beweis dieser Lehre nicht nachvollziehbar ist, und ähnliche Information von anderer Seite, wie Religion oder Tradition keine Übereinstimmung der gefühlsmäßigen Attribute zeigt.

Dieses Gefühl hat durchaus seine Berechtigung, denn die Evolutionstheorie basiert neben gesicherten wissenschaftlichen Erkenntnissen auf einer Reihe von Paradigmen, deren zu Grunde liegende Hypothesen sich nur teilweise experimentell oder durch Beobachtungen der Wirklichkeit bestätigen lassen.

Der wissenschaftlich und rationell denkende Mensch möchte sich jedoch nicht auf Gefühle verlassen. Deshalb propagiert dieses Buch nicht eine der bekannten Gegenpositionen zur Evolution, sondern stellt Positionen der offiziellen Lehrmeinung und deren Gegenhypothesen einander gegenüber. Vom rein logischen rationellen Standpunkt, werden alle Positionen auf ihren Wahrheitsgehalt untersucht und daraufhin analysiert, was wirklich anhand von Naturgesetzen und Logik sowie wissenschaftlichen Methoden bewiesen oder beweisbar ist. Es werden Schwachstellen erkannt und übersehene Fakten ans Tageslicht geholt. Weiter schauen wir in Bereiche hinein, die unberechtigter Weise von der offiziellen Lehre ausgegrenzt oder nicht beachtet werden. Auch hier stoßen wir immer wieder auf neue Erkenntnisse.

Wenn das gesamte Resultat bekannt ist, kann der Leser selbst vom logisch rationellen Standpunkt beurteilen, ob ihn sein Gefühl trügt, oder ihm als Stütze zur Beurteilung von Sachverhalten dient, deren Wahrheitsgehalt er nicht selbst rationell ermittelt hat.



Die Evolutionstheorie und besonders die Art und Weise, wie die „wissenschaftliche“ Diskussion hierzu geführt wird, eignen sich dafür besonders gut, denn der Fortschritt der letzten Jahrzehnte in der Naturwissenschaft sowie die Erkenntnisse aus fremden Fachgebieten halten eine Reihe von Überraschungen bereit, die der Diskussion eine Wendung geben können.

Aber vorher wollen wir uns klar werden, wie in der modernen Wissenschaft gearbeitet wird und auf welchem Weg wir den heutigen Standpunkt erreicht haben.

### *Der Weg zur aktuellen Lehre*

Um die aktuelle Lehre besser verstehen und analysieren zu können, ist es sinnvoll, ihren theoretischen Aufbau und den Weg ihrer Entwicklung zu kennen. Zum besseren Verständnis sind auch die Begleitumstände ihrer Entstehung sowie das historische Umfeld von besonderem Interesse. Beginnen wir also unsere Analyse genau an diesem Punkt.

### *Axiome, Hypothesen, Paradigmen und Dogmen*

Die moderne Forschung ist ein intellektueller evolutionärer Prozess der permanent zu neuen besseren Erkenntnissen führt. Dieser Prozess ist normalerweise auf ein oder mehrere Ziele ausgerichtet, wie z.B. die Lösung eines technischen Problems, Arbeitserleichterung, Gewinnmaximierung, Energieeinsparung oder die Steigerung des persönlichen Ansehens. Ein intellektueller Prozess umfasst intellektuelle Handlungen, die sich aus drei Phasen zusammensetzen. Diese sind: Verstehen, Unterscheiden und Wählen.

Einem Wissenschaftler, aber auch dem Laien, stehen zu Beginn eines Prozesses alle Alternativen zur Wahl, die die Wirklichkeit anbietet oder die Fantasie sich ausdenken kann. Die intellektuelle Leistung eines Individuums besteht nun darin, diese Alternativen zu verstehen, die Unterschiede zwischen diesen zu erkennen und anhand dieser Unterschiede eine Wahl zu treffen. Eine solche Wahl kann zunächst einmal einfach darin bestehen, eine oder mehrere Alternativen einfach weg zu wählen.

Das Resultat einer solchen intellektuellen Leistung ist dann immer eine Beschleunigung des Prozesses auf dem Weg zum Ziel. Diese Beschleunigung resultiert einfach daraus, dass bei der Suche nach der besseren oder besten Lösung nicht mehr alle Alternativen überprüft werden müssen, im Gegensatz zu jemandem der diese Wahl nicht getroffen hat.

Um zu vermeiden, dass man eine erfolgreiche Wahl immer wieder neu durchführen muss, stellt man Regeln zur Kontrolle des Prozesses auf, die bei der Fortführung des Prozesses, die erneute Wahl in der gleichen Situation überflüssig machen sollen.

Die Ergebnisse solcher intellektueller Leistungen können an andere Individuen eine Gemeinschaft weitergegeben werden, die dann den Prozess einfach an dieser Stelle weiterführen können, statt persönlich den ganzen Weg selbst zu beschreiten. Dies geschieht natürlich nicht, wie in einem biologisch evolutionären Prozess durch Vererbung, sondern durch direkte Weitergabe von Information in Form von Regeln und Rahmenbedingungen innerhalb der Gemeinschaft.

Individuen, die sich in diesem Rahmen bewegen, bleibt es erspart, die vorher weg gewählten Alternativen zu analysieren, was dann auch ihren persönlichen intellektuellen Prozess beschleunigt.

Vor einem solchen Hintergrund läuft die wissenschaftlich Diskussion in unserer Gesellschaft ab. Gelehrt, diskutiert und geforscht wird im Rahmen der bereits erzielten Ergebnisse, während die Diskussion von bereits weg gewählten Alternativen als unwissenschaftlich angesehen wird und für die Lehre an Schulen und Universitäten ungeeignet ist.

Wie sehen diese Regeln nun eigentlich aus, und wie werden sie gehandhabt?

Zum genaueren Verständnis bedarf es eines kurzen Exkurses in den Aufbau unserer Wissenschaft. Hier unterscheiden wir im ersten Schritt zwischen der Formalen und der Realen Wissenschaft. Widmen wir uns als Erstes der Formalen Wissenschaft.

Hierzu zählen die Mathematik und die Logik. In diesem Bereich finden wir zunächst einmal so genannte Axiome, die per Definition als wahr gelten und daher nicht mehr in Frage gestellt werden.

Beispiele für die Mathematik sind die Körperaxiome der rationalen Zahlen, also einfacher ausgedrückt die Rechenregeln für diese Zahlen wie:

$X*1=X$ ,  $X*0=0$ ,  $X+Y=Y+X$ ,  $X*Y=Y*X$  etc.

Für die Logik gilt z.B.:

Eine Aussage ist entweder wahr oder falsch bzw. Wenn eine Aussage wahr ist, ist die Negation dieser Aussage falsch.

Hierauf lässt sich nun ein ganzes Gebäude aus Regeln aufbauen, die sich mit Hilfe solcher Axiome beweisen lassen.

Solche auf den Axiomen aufbauende Regeln nennt man Theoreme oder mathematische Lehrsätze. Jemandem, der seine Forschung auf solche mathematisch bewiesenen Lehrsätze aufbaut, bleibt es erspart, seine eigenen Vorschläge für weitere Lehrsätze von Grund auf, d.h. ausgehend von den Axiomen zu beweisen.

Eine vermutete Regel, die noch nicht bewiesen ist, nennt man eine Hypothese. Mit einem späteren mathematischen oder logischen Beweis wird sie zu einem Lehrsatz oder Theorem. Das Gebäude an Regeln ist in sich geschlossen. Damit ist jede Hypothese eindeutig beweisbar oder falsifizierbar. Spielraum für Interpretationen und Diskussionen gibt es innerhalb der formalen Wissenschaft nicht. Damit ist es gerechtfertigt, Behauptungen, die die Axiome oder bewiesenen Theoreme und Lehrsätze in Frage stellen, als unwissenschaftlich abzutun.

Offensichtlich spricht damit auch wenig dagegen, die Regeln der formalen Wissenschaft in geltende Lehre für eine Gemeinschaft aufzunehmen.

Wie sieht es nun mit der realen Wissenschaft aus? Wie der Name bereits sagt, beschäftigt sich dieser Zweig der Wissenschaften mit der realen Welt. Er lässt sich zunächst weiter in die Bereiche Erfahrungswissenschaften und Geisteswissenschaften einteilen, wobei die Erfahrungswissenschaften nochmals in Naturwissenschaften und Sozialwissenschaften unterteilt werden.

Den absolut größten Einfluss auf unser aktuelles Weltbild haben die Naturwissenschaften. Es muss aber deutlich in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen werden, dass es offensichtlich im Rahmen dessen, was an unseren Schulen und Universitäten gelehrt wird, einen Bereich Geisteswissenschaften gibt. Manche Naturwissenschaftler stellen die Existenz eines Geistes in Frage oder erklären den Begriff „Geist“ für irrelevant oder unwissenschaftlich. Das ist aber nach den geltenden Regeln unserer Gesellschaft nicht korrekt, und wir müssen uns deshalb mit dem Begriff Geist auseinandersetzen. Andere Länder haben selbst andere Begriffsdefinitionen wie „Science“, die den Bereich der Geisteswissenschaften nicht einschließen.

Wie funktioniert nun der evolutionäre Prozess der Forschung auf diesen Gebieten? Wie in der formalen Wissenschaft werden auch in diesem Bereich Hypothesen aufgestellt, die Aussagen über die reale Welt machen. Mit Hilfe der Formalen Wissenschaft und Beobachtungen in der realen Welt werden diese Hypothesen dann überprüft. Nur wenn eine Hypothese experimentell überprüft werden kann und das Experiment beliebig oft wiederholt werden kann, gilt sie als bestätigt und darf Bestandteil einer Theorie oder Lehre werden.

Diese Vorgehensweise garantiert natürlich nicht automatisch die absolute Korrektheit einer Hypothese, wie es bei den formalen Wissenschaften der Fall ist.

Natürlich fallen einem hierzu die Sticheleien der Mathematiker ein, die dieses Problem nicht haben: Einmal ist keinmal, zweimal ist dreimal und viermal ist immer. Aber diese Vorgehensweise hat sich trotzdem ausgezeichnet bewährt.

Mit Hilfe einer mehr oder weniger korrekten Hypothese können Vorhersagen für ein Verhalten in der realen Welt getroffen werden. Ungenaue Vorhersagen sind Indikatoren für ungenaue Hypothesen. Solche Ungenauigkeiten können dann durch weitere Beobachtungen zu einer Verbesserung der Hypothese und somit der Lehre führen, in die sie eingeht.

Eine gewisse Entsprechung zu den Axiomen der formalen Wissenschaften gibt es auch. Im Volksmund spricht man von so genannten Naturgesetzen. Dies beschreiben vier in der Natur vorkommende Kräfte, die zur Erklärung einer Hypothese herangezogen werden dürfen. Wichtiger ist jedoch, dass es als unwissenschaftlich gilt, andere als diese vier Kräfte für eine Erklärung anzuführen, da per Definition keine weitere solche Kraft bekannt ist.

Damit kann ein Hinweis auf die Allmacht Gottes als Beweis dafür, dass Jesus über das Wasser schreiten konnte, als unwissenschaftlich abgewiesen werden. Erst wenn man eine der zulässigen Kräfte, wie die Kohäsionskraft einer Eisdecke auf dem See Genezareth, zum Beweis bemüht, kann die Hypothese, dass Jesus über das Wasser schritt, akzeptiert werden.

Hypothesen, die nicht vollständig bewiesen werden können, aber gute Resultate für die Vorhersagen in der realen Welt liefern, können trotzdem neben Axiomen und bewiesenen Lehrsätzen in eine Theorie eingehen. Man kann bei Beweisen neuer Hypothesen die Richtigkeit einer anderen Hypothese, auf die man aufbaut, voraussetzen. Das Resultat kann jedoch nicht den Status eines Lehrsatzes oder Theorems annehmen, sondern es bleibt solange eine Hypothese, bis die Hypothese, auf die man aufbaut, vollständig bewiesen wird.

Eine Theorie, die in die allgemeine Lehre aufgenommen wird, wird zu einem Paradigma. Die geltenden Paradigmen definieren den zulässigen Bereich aller Lösungen weiterer Forschungsergebnisse. Was außerhalb dieser Paradigmen liegt ist bereits vorher durch eine intellektuelle Leistung weg gewählt worden und stellt keinen oder keinen optimalen Weg zu einer neuen oder besseren Lösung dar.

Es muss aber trotzdem erlaubt sein, den Wahrheitsgehalt von Hypothesen im Gegensatz zu Axiomen und Lehrsätzen in Zweifel zu ziehen. Nur wer Axiome und bewiesene Lehrsätze in Frage stellt handelt unwissenschaftlich.

Um zu verhindern, dass die allgemeine Lehre aus diesem Grunde in Frage gestellt werden kann, wurden manchmal Paradigmen, die auch Hypothesen enthielten, von den Machthabern zu Axiomen oder Lehrsätzen erklärt. Damit erhielt das Paradigma den Status eines Dogmas. Ein Dogma durfte dann genauso wie ein Axiom per Definition nicht mehr angezweifelt werden.

So etwas kennen wir von früheren religiös verankerten Gesellschaften. Die Aussagen der heiligen Schriften waren von Gott offenbarte Wahrheit und deshalb über jeden Zweifel erhaben. Sie wurden damit zum Dogma und hatten den gleichen Status wie Axiome.

Heute herrscht in der allgemeinen Diskussion eine massive Begriffsverwirrung. Es wird mehr oder weniger absichtlich auf den genauen Status einer Aussage verzichtet. Dabei weiß man dann häufig nicht mehr, ob es sich um einen Lehrsatz oder nur um eine Hypothese handelt. In manchen Diskussionen werden Hypothesen absichtlich falsch etikettiert, um Gegenargumente erst gar nicht zuzulassen. Jeder kennt die Floskel: „Es ist wissenschaftlich bewiesen“.

Dabei sind alle Seiten daran beteiligt. Wenn man Fred Hoyles Gegenhypothese zur Entstehung des Lebens auf der Erde zitiert, die besagt, dass das Leben aus dem All auf die Erde kam, wird dies häufig sofort als unwissenschaftlich zurückgewiesen. Ursache hierfür ist, dass sie deutlich im Widerspruch zu der offiziellen Hypothese steht, dass das Leben auf der Erde in einer Ursuppe entstand. Man begründet es damit, dass sie dem geltenden Paradigma widerspricht, obwohl dieses Paradigma selbst nur eine Hypothese darstellt, die noch nicht experimentell bewiesen worden ist.

Ein noch extremeres Beispiel konnte ich auf eine Homepage einer religiösen Gruppe entdecken, die wissenschaftliche Argumente für ihre Zwecke verwendet. Hier wird Pasteurs Hypothese „Leben kann nur aus Leben entstehen“ einfach der Status eines Naturgesetzes angedichtet. Anschließend ist der Darwinismus leicht widerlegt, da seine Erklärung zur Entstehung des Lebens gegen die Naturgesetze verstößt. Pasteurs Hypothese ist jedoch weder bewiesen, noch ist sie Bestandteil der geltenden Paradigmen geworden.

Wir wollen es zunächst hiermit bewenden lassen und uns als Nächstes mit den aktuellen Paradigmen beschäftigen und denen, die durch diese abgelöst wurden.

### *Paradigmenwechsel zum Ende des Mittelalters*

Das Mittelalter begann etwa in der Zeit um 500-600 n.Ch. mit der Christianisierung Europas. Es entstanden überall christlich geprägte Feudalstaaten, in denen die Gesellschaft nach

Ständen geordnet war. Eine gläubige christliche Geisteshaltung durchdrang alle Bereiche von Wissenschaft und Kultur. Man vertrat die Vorstellung, in einem christlichen Zeitalter zu leben, das mit der Geburt Christi begonnen hatte und bald mit dem jüngsten Gericht enden würde. Wissenschaft und Politik waren deshalb auf das Seelenheil des Menschen und dessen Einheit mit Gott ausgerichtet.

Hohe Säuglingssterblichkeit und Pestepidemien, die große Teile der Bevölkerung dahinrafften, führten den Menschen zum Ende des Mittelalters den Tod permanent vor Augen und veranlassten sie, ihr Leben weitgehend auf das Jenseits auszurichten.

Dies führte sowohl zu einer signifikanten Abweichung der gesellschaftlichen und besonders der wissenschaftlichen Paradigmen zur vorangegangenen Zeit der Antike, als auch zu der heutigen Wissenschaft, da der wissenschaftliche Entwicklungsprozess im Mittelalter auf völlig unterschiedliche Ziele ausgerichtet war. Forschung und Wissenschaft war zu Beginn vorwiegend ein Privileg des Klerus und wurde vorwiegend in den Klöstern betrieben. Die Sprache der Wissenschaft war die Sprache der Kirche: Latein.

Die Bibel hatte einen völlig anderen Stellenwert und beeinflusste durch das, was in ihr geschrieben war, die geltenden Paradigmen, die weitgehend zu Dogmen erhoben wurden. Diese Paradigmen in Frage zu stellen, wurde als Ketzerei angesehen und konnte in manchen Fällen sogar mit dem Tod bestraft werden. Hierdurch kam es zu einer engen Durchdringung von Wissenschaft, Kultur und Politik durch die christlichen Dogmen.

Vom heutigen wissenschaftlichen Standpunkt aus gesehen waren Wissenschaft und Kultur hinter benachbarten Kulturen wie der arabischen, die in Spanien im 13. Jahrhundert eine Blüte erreichte, weit zurückgeblieben. Erst hunderte von Jahren später nach Ende des Mittelalters erreichte die Kultur des christlichen Abendlandes ein vergleichbares Niveau.

Gegen Ende des Mittelalters begann das christliche von Theologen geprägte Ideal und Weltbild seinen Glanz zu verlieren. Ursachen hierfür waren einerseits Missbräuche und falsche Lehren innerhalb der Kirche wie Korruption, Ämterkauf, Vetternwirtschaft und der Verkauf von Ablassbriefen. Andererseits wuchsen durch wissenschaftliche Entdeckungen die Zweifel an den geltenden Paradigmen. Da die Kirche zunächst unfähig war, sich neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen anzupassen und den Missbräuchen entgegenzuwirken, rief diese Situation die Reformation auf den Plan, mit dem Ziel die Kirche zu erneuern.

Gleichzeitig wurde die Buchdruckerkunst erfunden, die die Bildung nun einer breiteren Bevölkerungsschicht zugänglich machen konnte, wodurch der Klerus sein Bildungsprivileg weiter verschwinden sah. Besonders Luthers Bibelübersetzung, die gedruckt verbreitet werden konnte, trug hierzu bei.

Durch die Eroberung Konstantinopels durch die Osmanen kam antikes Gedankengut mit geflohenen christlichen Wissenschaftlern zurück nach Mitteleuropa, wodurch eine neue humanistische Bewegung entstand, in der Dichter und Philosophen statt Kleriker das Weltbild prägen sollten.

Das feudalistische politische System verlor ebenfalls an Einfluss, und es bildete sich in den Städten ein neues Bürgertum, das umfassenden Handel trieb und zu Macht und Wohlstand gelangte, wodurch sich die Machtverhältnisse weiter zu Ungunsten der Kirche verschoben.

Kunst und Wissenschaft erhielten hierdurch neuen Auftrieb, da sie nun nicht mehr vorwiegend im Dienst der Kirche standen, und die Zentren der Bildung verlagerten sich von den Klöstern an neu gegründete Universitäten.

In diesem neuen Klima von Reformation und Renaissance war die Zeit gekommen für einen wissenschaftlichen Paradigmenwechsel.

Die von der Kirche geprägten Wissenschaftler wagten es nicht, die geltenden Dogmen in Frage zu stellen, sondern waren eher daran interessiert, anhand ihrer Forschung die Bibel zu bestätigen. Eine neue Generation von Wissenschaftlern begann jedoch nun, durch experimentorientiertes Suchen bessere Erklärungen für Phänomene der Natur zu liefern, die sich nicht mehr an einem erwünschten Ergebnis orientierten. Dabei bestätigten sie auch die Wissenschaftler früherer Zeiten, wie z.B. Giordano Bruno, der es gewagt hatte, die Erde aus dem Mittelpunkt der Welt zu rücken.

Dies hatte relativ schnell einen umfassenden Paradigmenwechsel auf nahezu allen Gebieten zur Folge.

Wenden wir uns deshalb kurz den einzelnen Gebieten der Naturwissenschaften zu, und sehen wir uns die Ergebnisse des damaligen Paradigmenwechsels an.

### *Kosmologie*

In der Kosmologie hatte sich ein Paradigmenwechsel bereits angekündigt. Giordano Bruno und Galileo Galilei hatten bereits das geozentrische Weltbild durch das heliozentrische Weltbild ersetzt und propagiert, in dem die Erde und die anderen Planeten um die Sonne kreisen. Dieser beobachtbaren Tatsache konnte sich allmählich niemand mehr verschließen.

Auch das alte biblische Weltbild von der Erde als eine Scheibe, über der sich eine Halbkugel namens Himmel wölbt und das Wasser des alles umgebenden Okeanos von der Erdoberfläche fern hält, war nicht mehr zu verteidigen. Das Bild von der Erde als Kugel im

Raum setzte sich durch, und Kolumbus, der zu dieser Zeit Amerika entdeckte oder Vasco da Gama, der Afrika umsegelte und den Seeweg nach Indien fand, waren nicht über den Rand der Scheibe heruntergefallen. Johannes Kepler beobachtete die Planeten und verkündete die auf seinen Beobachtungen und Aufzeichnungen beruhenden Planetengesetze.

### *Physik*

In dieser Zeit entstand auch die Lehre, die wir heute als klassische Physik bezeichnen. Isaak Newton war die zentrale Figur, die hierzu beitrug.

Zunächst einmal ging Newton von einer Reihe von Annahmen aus, die sich durch Beobachtung der realen Welt auch weitgehend bestätigen ließen. Hierzu zählten, dass die Zeit absolut ist und überall gleichförmig abläuft, dass der Raum aus drei linearen Dimensionen besteht, Licht als elektromagnetische Welle angesehen werden kann oder dass Ort und Bewegungsimpuls eines physikalischen Objektes jederzeit messbar und für jeden Zeitpunkt berechenbar sind.

Im Bereich dieser Annahmen ließen sich nun eine Vielzahl physikalischer Lehrsätze entwickeln, die auch jederzeit und beliebig oft in der realen Welt experimentell und durch Beobachtung bestätigt werden konnten. Wichtige Grundlage hierfür bildeten Newtons Bewegungsgesetze: Das Aktionsprinzip, das Reaktionsprinzip und das Superpositionsprinzip. Man nennt sie auch im Volksmund die Newtonschen Axiome. Mit ihrer Hilfe wurde es möglich, das Verhalten eines physikalischen Objektes bzw. einer Masse unter dem Einfluss von den auf sie einwirkenden Kräften exakt zu berechnen. Hiermit erhielt man die Möglichkeit, genau vorherzusagen zu welcher Zeit, an welchem Ort, in welcher Richtung und mit welcher Geschwindigkeit sich ein Objekt bewegen würde.

Der vollständige Durchbruch erfolgte, als Newton sein Gravitationsgesetz präsentierte. Dieses basiert auf seinen Beobachtungen, dass verschiedene Massen sich gegenseitig anziehen. Newtons Gravitationsgesetz machte diese Anziehung nun generell berechenbar.

Zusammen mit den Bewegungsgesetzen bildete es die Basis für unzählige Erkenntnisse, die hieraus abgeleitet werden konnten. Bahnbrechend war, dass man damit die Himmelsmechanik unseres Sonnensystems, also das Verhalten der Planeten auf ihren Bahnen um die Sonne, erstmals genau berechnen konnte. Keplers Planetengesetze, die nur auf Keplers Beobachtungen beruhten, konnten damit mathematisch bestätigt werden.



### *Das mechanistische Weltbild und der Laplacesche Dämon*

Newtons Lehre der Physik und besonders seine Mechanik ließen den Menschen seiner Zeit plötzlich alles als bis ins Detail berechenbar erscheinen. Nach Entdeckung des Gravitationsgesetzes erschien plötzlich das gesamte Universum als ein mechanisches System, das präzise wie ein Uhrwerk abläuft. Zum ersten Male war es damit möglich, ein Erklärungsmodell zu präsentieren, in dem keine Forderung nach einem überirdischen Wesen notwendig war, das permanent kontrollierend und steuernd eingreift.

Der französische Mathematiker und Astronom Pierre Simon Laplace skizzierte die Vision eines Dämons, der nach ihm Laplacescher Dämon genannt wurde, der bei Kenntnis aller Naturgesetze sowie aller Anfangsbedingungen den Zustand der Welt zu jedem Zeitpunkt, also auch für die Zukunft, berechnen könne. Er war überzeugt davon, dass es möglich sein müsse, eine Weltformel aufzustellen, die eine solche Berechnung ermöglichen sollte.

Er selbst drückte das etwa so aus:

„Wir müssen also den gegenwärtigen Zustand des Universums als Folge eines früheren Zustandes ansehen und als Ursache des Zustandes, der danach kommt. Eine Intelligenz, die in einem gegebenen Augenblick alle Kräfte kennt, mit denen die Welt begabt ist, und die gegenwärtige Lage der Gebilde, die sie zusammensetzen, und die überdies umfassend genug wäre, diese Kenntnisse der Analyse zu unterwerfen, würde in der gleichen Formel die Bewegungen der größten Himmelskörper und die des leichtesten Atoms einbegreifen. Nichts wäre für sie ungewiss, Zukunft und Vergangenheit lägen klar vor ihren Augen.“

Mit diesem Weltbild war es der Wissenschaft gelungen, das mittelalterliche religiöse Weltbild aus vielen Bereichen zu verdrängen. Allerdings war man noch weit davon entfernt, die Existenz Gottes aufgrund dessen zu leugnen. Newton selbst sah immer noch den Schöpfer, der das Uhrwerk des Universums entworfen und aufgezogen hatte. In die Bereiche der Biologie und des Lebens hatte das mechanistische Weltbild noch keinen Einzug gehalten.

Das sollte sich aber mit Hilfe einer Gruppe von englischen Wissenschaftlern ändern, die das aktuelle Weltbild nachhaltig prägten.

### *Ein neues Weltbild im Vorfeld des Industrialismus*

Es war eine Gruppe englischer Wissenschaftler, die im England der Viktorianischen Zeit, als der Industrialismus seinen Aufschwung nahm, das Weltbild bedeutend veränderte. Zu Ihnen zählte der Biologe Thomas Huxley, der Jurist Charles Lyell, der Botaniker Joseph Hooker und der Biologe Charles Darwin. Diese hatten, wie es für einen Wissenschaftler des

britischen Empires üblich war, Forschungsreisen zur Südhalbkugel der Erde durchgeführt, und man kannte sich und konsultierte sich ständig in wissenschaftlichen Fragen.

Die wichtigste Theorie, die hier geboren wurde, entstand auf dem Sektor der Biologie, die Lehre von Charles Darwin, die er in seinem aufsehenerregenden Buch „Die Entstehung der Arten“ publizierte.

Eine weitere wichtige Theorie, die parallel hierzu entstand, erschien auf dem Gebiet der Geologie: Charles Lyells Aktualismus, der auch heute noch weitgehend als offizielle Lehrmeinung gilt.

Beide Theorien passten in Huxleys Konzept, den Weg der englischen Industriegesellschaft vorzubereiten, indem wissenschaftliche Erklärungsmodelle für die Bereiche angeboten wurden, die immer noch teilweise unter dem Einfluss religiöser Vorstellungen standen, und in denen der Arbeiterklasse hierzu eine Alternative aufgezeigt werden sollte.

Der gesamten Gruppe von Wissenschaftlern gelang es unter der Führung von Thomas Huxley, Darwins und Lyells Lehren in den etablierten wissenschaftlichen Kreisen schnell publik zu machen und in heftigen Diskussionen zum Durchbruch zu verhelfen.

Aber sehen wir uns kurz Darwins und Lyells Lehren genauer an.

### *Darwinismus*

Charles Darwin ist der Begründer einer Lehre, die nach ihm Darwinismus genannt wird. Darwin hatte auf einer fünfjährigen Forschungsreise, die ihn in abgelegene Länder und Gegenden der Südhalbkugel führte, die Natur mit ihren Lebewesen und Fossilien beobachtet und analysiert. So stieß er in Argentinien auf Fossilien eines riesigen Faultieres und eines Gürteltieres, die offensichtlich ausgestorben waren. Nur entsprechende Tiere, die wesentlich kleiner als die Fossilien waren, konnte man in der Natur finden. Darwin zog daraus den Schluss, dass die heutigen Tiere von den früheren Tieren abstammen müssten.

Besonders die Beobachtungen von Tieren auf den vom Menschen weitgehend unberührten Galapagos Inseln waren der Ausgangspunkt seiner bahnbrechenden Theorie. So hatte er gesehen, dass der hier begrenzte Lebensraum immer nur für eine relativ begrenzte Anzahl von Individuen ausreichte. Gleichzeitig beobachtete er aber auch, dass in einer gewissen Population immer mehr Individuen geboren wurden, als zur Aufrechterhaltung der Population notwendig gewesen wären. Aber trotzdem blieb die Anzahl der Individuen konstant, da ein Teil der Neugeborenen niemals das fortpflanzungsfähige Alter erlangte.

Er beobachtete Riesenschildkröten und erfuhr von den Einheimischen, dass man an der Art und Struktur ihres Panzers genau erkennen konnte, von welcher der 13 Inseln sie stammten.

Bei der Beobachtung von Finken, die heute nach ihm Darwin Finken genannt werden, stellte er fest, dass diese, obwohl sie der gleichen Art angehörten, unterschiedlich an die verschiedenen von ihnen besiedelten Lebensräume, aber auch die von ihnen bevorzugten Nahrungsquellen angepasst waren. Dies war z.B. an der Form ihrer Schnäbel deutlich zu erkennen. Darwin nahm deshalb an, dass die Finken genauso wie die Riesenschildkröten zunächst nur als eine Art die Galapagos Inseln besiedelt hatten und sich erst dann durch Anpassung an die Nahrungsquellen der einzelnen Inseln zu eigenen Rassen entwickelt hatten.

Er zog aus dieser Tatsache den Schluss, dass die am besten an ihre Umwelt angepassten Individuen überlebten und sich fortpflanzen konnten. Diesen Vorgang nannte er die natürliche Selektion.

All diese Erkenntnisse fasste er nun zusammen, um damit einen Mechanismus zu beschreiben, der eine plausible Erklärung zur Evolutionstheorie lieferte. Damit verschaffte er dieser Theorie den Durchbruch zum offiziellen Paradigma.

Die Evolutionstheorie ist an sich gar nicht die Entdeckung von Charles Darwin. Schon sein Großvater Erasmus Darwin hatte sie beschrieben. Die zentrale Aussage darin war, dass die Lebewesen von anderen Lebewesen, die vor ihnen gelebt hatten, abstammten und sich aus diesen weiterentwickelten.

Dies konnte man durch Fossilienfunde bestätigen, oder es war sowieso von der Zucht von Nutztieren und Nutzpflanzen weitgehend bekannt. Was jedoch fehlte und deshalb den Durchbruch dieser Theorie verhinderte, war die Beschreibung eines geeigneten Mechanismus als Erklärungsmodell, der diese Weiterentwicklung begrifflich machen konnte.

Jean Baptiste Lamarck hatte bereits einen solchen Mechanismus vor Charles Darwin vorgeschlagen. Lamarck war der Ansicht, dass sich Lebewesen über längere Zeiträume physisch und körperlich an Veränderungen ihrer Umwelt anpassen konnten. Der durch die Veränderung der Umwelt veränderte Gebrauch von Körperteilen sollte auf lange Sicht diese Körperteile selbst verändern. Als Beispiele nannte er Schwimmhäute an den Füßen von Wasservögeln oder den langen Hals einer Giraffe, die nach und nach gezwungen war, ihre Nahrung in den Baumkronen zu suchen. Diese durch Anpassung erworbenen körperlichen Eigenschaften konnten durch Vererbung an die Nachkommen weitergegeben werden.

Lamarck hatte außerdem einen Trend der Lebewesen zu höherer Komplexität beobachtet, den er mit einer evolutionären Kraft zu erklären versuchte, die bestrebt war, ein Lebewesen immer weiter zu vervollkommen. Er konnte die Natur dieser Kraft, die er Vitalfaktoren nannte, jedoch nicht erklären, was ihn in Konflikt mit den Axiomen der Physik brachte.

Der experimentelle Beweis seiner auch Lamarckismus genannten Theorie war schwierig. Das konnte einerseits darin begründet sein, dass Lamarck sehr lange Zeiträume in Anspruch nahm, die dem Experimentator nicht zu Verfügung standen oder aber darin, dass Lamarcks Mechanismus gar nicht funktionierte. Außerdem hatte er eine Reihe von Gegnern, die die wissenschaftliche Gemeinde mit „Gegenbeweisen“ versorgten. So schnitt der Biologe August Weismann Ratten die Schwänze ab, und nahm die Tatsache, dass deren Nachkommen wieder Schwänze hatten, als Falsifizierung des Lamarckismus.

In dieser Situation präsentierte Charles Darwin seinen berühmten Mechanismus zur Evolution, der eine völlig andere Akzeptanz fand als der von Lamarck. In seinem berühmten Buch „Die Entstehung der Arten“ präsentiert er folgende Theorie:

Lebewesen einer Population zeigen Variationen in ihrer physischen Struktur. Solche Variationen entstehen zufällig.

Variationen können ganz oder teilweise an den Nachwuchs vererbt werden.

Populationen von Organismen produzieren mehr Nachwuchs als ein gegebener Lebensraum aufnehmen kann.

Der Teil des Nachwuchses, der am besten an die Umwelt angepasst ist, überlebt und darf sich fortpflanzen.

Die Weiterentwicklung erfolgt dabei graduell und in kleinen Schritten.

Allein mit diesem einfachen Mechanismus erklärt er die gesamte biologische Evolution inklusive der Entstehung neuer Arten.

Darwins Erklärung stieß auf eine völlig andere Akzeptanz als die von Lamarck. Dies war darin begründet, dass sich die einzelnen Teilaspekte in der Natur beobachten ließen oder selbst experimentell nachvollziehbar waren. Andererseits benötigte er keinerlei unbekannte oder metaphysische Kräfte zur Erklärung, wie es Lamarck oder die Paradigmen des Mittelalters taten, die es galt abzulösen.

Darwins Theorie, der Darwinismus, wurde damit schnell eines der geltenden Paradigmen seiner Zeit, aber auch der Neuzeit.

### *Lyells Aktualismus*

Charles Lyell prägte das neue geologische Weltbild. Seine Theorie nennt man den Aktualismus. Sie besagt, dass die Oberfläche der Erde über sehr lange Zeiträume, allmählich und in kleinen Schritten von den gleichen Kräften geformt wurde, die auch heute noch beobachtet werden können und die auch heute noch die Oberfläche in gleicher Weise gestalten. Katastrophen, wie sie die Bibel mit der Sintflut beschreibt oder wie sie der Franzose Charles de Cuvier bei seiner Katastrophentheorie zur Geologie bemühte, waren damit zur Erklärung der Welt nicht mehr notwendig, und nachdem der Aktualismus zur offiziellen Lehrmeinung aufgestiegen war, auch nicht mehr zulässig.

In diesem Zusammenhang wurde auch ein weiteres so genanntes Naturgesetz formuliert, dass fordert, dass die Naturgesetze über die Zeit unveränderlich sind. Diese Regel ist generell für alle Bereiche sinnvoll, da ohne sie keine brauchbaren Aussagen über das physikalische Verhalten eines Objektes in der Vergangenheit mittels der klassischen Mechanik gemacht werden könnten. Das gilt selbst dann, wenn es sich bei dem Objekt um die Oberfläche der Erde handelt.

### *Das moderne Weltbild entsteht*

#### *Moderne Physik*

Newton war bei seiner Physik von einer Reihe von Annahmen ausgegangen, die sich im 20ten Jahrhundert als unrichtig erweisen sollten. So ging er davon aus, dass die Zeit überall gleichförmig abläuft, der Raum drei lineare Dimensionen hat, das Licht als elektromagnetische Welle angesehen werden kann und das Ort und Bewegungsimpuls eines physikalischen Objektes jederzeit messbar und zu jedem Zeitpunkt berechenbar sind.

Die von Albert Einstein entwickelte Relativitätstheorie konnte jedoch nachweisen, dass die Zeit nicht absolut ist, der Raum gekrümmt ist und zusammen mit der Zeit ein vierdimensionales Raumzeitkontinuum bildet. Max Planck und Werner Heisenberg konnten nachweisen, dass unter gewissen Bedingungen entweder nur der Ort oder der

Bewegungsimpuls eines Elementarteilchens gemessen werden können, aber niemals beides gleichzeitig.

Die Unterschiede zu Newtons Mechanik zeigen sich allerdings nur in extremen Bereichen und sind nur schwer im alltäglichen Leben zu beobachten. Hier ist Newtons Mechanik immer noch eine erfolgreich angewandte Theorie, die von den Nichtfachleuten wesentlich einfacher verstanden wird.

Diese kleinen Unterschiede ergeben jedoch einen berechenbaren Effekt der das streng mechanistische Weltbild früherer Zeiten zum Wanken bringt. Während man früher davon ausging, dass bei Kenntnis aller Anfangswerte und physikalischer Gesetze Ort und Impuls jedes beliebigen Objektes vom Laplaceschen Dämon für jeden Zeitpunkt berechenbar waren, so zeigt es sich unter den neuen Voraussetzungen, dass die Möglichkeiten des Dämons stark begrenzt sind. Er würde sich nicht mal als perfekter Billardspieler auszeichnen, selbst wenn er hier nur auf Newtons Aktions-, Reaktions- und Superpositionsprinzipien angewiesen wäre.

Es lässt sich nämlich ausrechnen, dass die minimalen Abweichungen von Newtons Annahmen, wie sie sich bereits auf dem Billardtisch bemerkbar machen würden, dazu ausreichen, dass bei einer Folge von angestoßenen Kugeln die achte Kugel nicht mehr sicher getroffen werden kann, da sich die erste minimale Unschärfe bis dahin soweit multipliziert, dass die Abweichung bereits die Breite einer Kugel hat.

Damit sind der Laplacesche Dämon und seine Weltformel gestorben. Was an seine Stelle tritt, ist immer öfter der Zufall und Wahrscheinlichkeiten. An die Stelle von Kausalketten mit Ursache und Wirkung als Erklärungsmodell, wie die Serie angestoßener Billardkugeln, tritt die Erkenntnis, dass man das Verhalten von Systemen in der Realität häufig besser als schwingende Systeme mit positiver und negativer Rückkopplung erklären kann.

Wer allerdings dem linearen, dreidimensionalen mechanistischen System mit Ursache und Wirkung fest verhaftet ist, gelangt dadurch immer wieder zu Fehleinschätzungen der Realität.

### *Moderne Geologie*

Lyells Aktualismus ist immer noch die gültige Lehrmeinung. Er wurde durch Wegeners Plattentektonik ergänzt, die sich aber nahtlos in den Aktualismus einfügen lässt und nun ein

bedeutend besseres Erklärungsmodell dafür bietet, warum die Oberfläche der Erde so aussieht, wie sie heute ist.

Lyells Paradigma, dass die Naturgesetze über die Zeit unveränderlich sind, hat an Bedeutung gewonnen und gilt heute als Grundvoraussetzung im Sinne eines Naturgesetzes nicht nur im Bereich der Geologie.

Was den Ausschluss von Katastrophen angeht, so zeichnet sich ein gewisser Kompromiss ab. Wer zu Lyells Zeiten behauptet hätte, dass glühende Objekte aus Stein vom Himmel auf die Erde gefallen wären, auch wenn jeder am Nachthimmel die Sternschnuppen beobachten konnte, wäre mit etwas Glück nur ausgelacht worden.

Heute hat man die Theorie eines Meteoreinschlages von Nobelpreisträger Walter Alvarez als Ausnahme in die allgemeine Lehrmeinung integriert. Sie besagt, dass vor 65 Millionen Jahren auf der Halbinsel Yukatan am Golf von Mexico ein riesiger Meteor niederging und eine Katastrophe von globalem Umfang auslöste, die für das Aussterben der Dinosaurier verantwortlich gemacht wird. Niemand macht sich mehr lächerlich, wenn er die Bahnen Kometen und Asteroiden beobachtet und die Wahrscheinlichkeit dafür berechnet, dass sie eines Tages mit der Erde kollidieren könnten. In Filmen wie Armageddon und Deep Impact wurde dies sehr realistisch durchgespielt, und die Raumfahrt betreibenden Nationen denken ernsthaft darüber nach, wie man solche globalen Katastrophen technisch verhindern kann.

### *Neodarwinismus*

Die moderne Biologie kam mit ihren modernen Forschungsmethoden und dank technischer Möglichkeiten, die zu Darwins Zeiten nicht zur Verfügung standen, zu erstaunlichen Ergebnissen, die Darwins Theorie und sein Erklärungsmodell für die Evolution von einer neuen wissenschaftlich fundierten Seite stützen. Hierzu zählen insbesondere die Zellforschung, die Genforschung und die Mikrobiologie.

Besonders durch die Erfindung des Elektronenmikroskops öffneten sich der Biologie völlig neue Möglichkeiten einer Analyse lebender Objekte bis auf molekularem Niveau, an die zu Darwins Zeit nicht zu denken war. Aber auch die Vererbungslehre von Gregor Mendel und Carl von Linné steuerten wichtige Aspekte bei. Zusammen mit neuen mathematischen Modellen für die Simulation von Populationen gelangte man zu immer besseren Erkenntnissen, die Darwins Erklärungsmodell zu bestätigen scheinen.

So entdeckte man die Aminosäuren als Grundbausteine des Lebens. Aus diesen setzen sich größere Bestandteile des Lebens wie Proteine oder Nukleinsäuren zusammen. Man

entdeckte die Möglichkeit, wie mit Hilfe des Polysulfats von der Natur die notwendige Energie bereitgestellt werden konnte, solche längere Molekülketten zu erzeugen. Ein Lebewesen besteht aus einer großen Anzahl unterschiedlicher Aminosäureketten. Der Mensch hat allein 200 000 verschiedene davon, die unterschiedliche Aufgaben innerhalb der Körperzellen zu erfüllen haben. Trotz dieser Vielzahl sind es nur 20 unterschiedliche Aminosäuren, die in unterschiedlicher Reihenfolge und Kombination zusammengesetzt werden müssen. Art und Reihenfolge, in der die einzelnen Aminosäuren für die einzelnen Aminosäureketten angeordnet werden, ist als Struktur in der Nukleinsäure RNA in Form einer Anordnung von Nukleotiden gespeichert. Mit Hilfe von Makromolekülen, die Ribosomen genannt werden, erfolgt die Übersetzung der RNA Struktur in eine Aminosäuresequenz. Die gesamte genetische Information ist in den Genen in Form von DNA Sequenzen gespeichert. Die RNA liest diese Information von der DNA ab und transportiert sie zu den Ribosomen. Die DNA Struktur ist in allen Zellen unabhängig von deren Funktion im Organismus die gleiche. Bei normaler Zellteilung erhält jede Tochterzelle eine Kopie der DNA.

Die gesamte Zellstruktur, und die in einer Zelle ablaufenden Mechanismen sind hier nur grob skizziert worden. Es geht in diesem Abschnitt auch gar nicht um die detaillierte Funktionsweise einer Zelle, sondern nur um die Details, die dazu geeignet sind, Darwins Mechanismus der Evolution zu bestätigen.

Man kann nun eine Reihe von zusätzlichen Erkenntnissen zu Darwins Mechanismus auf diesen Kenntnissen aufbauen. Zum einen kann man sich nun vorstellen, wie es zu zufälligen Variationen innerhalb einer Art kommen kann. Es reicht offensichtlich eine zufällige Variation der DNA, die z.B. durch Kopierfehler oder Schädigung von außen denkbar wäre.

Auf der anderen Seite erkennt man nun die hohe Komplexität eines Organismus und kann neue Schlüsse daraus ziehen. Ein höchst interessantes Objekt ist eine Aminosäurekette, ein Enzym, das Cytochrom c genannt wird. Es dient zum Transport von Sauerstoff innerhalb einer Zelle. Es besteht aus einer Aminosäurekette aus 104 Aminosäuren. Damit das Enzym die Stoffwechselreaktion ausführen kann, ist es unerlässlich, dass alle Aminosäuren in einer vorgeschriebenen Reihenfolge angeordnet sind. Die Reihenfolge kann dabei als ein Schlüssel angesehen werden, der für die chemische Reaktion öffnet. Man kann nun feststellen, dass Cytochrom c in allen Individuen der gleichen Art genau die gleiche Reihenfolge von Aminosäuren hat. Bei 20 verschiedenen Aminosäuren, die zur Wahl stehen und 104 Kettengliedern die die richtige Reihenfolge haben müssen, ist die Chance  $1/20$  hoch  $104$  oder ungefähr  $1/10$  hoch  $130$ , dass diese Reihenfolge zweimal durch Zufall entstehen konnte. Wenn man sich vor Augen hält, dass seit der Entstehung des Weltalls erst  $10$  hoch



17 Sekunden vergangen sind, so sieht man ein, dass die Wahrscheinlichkeit hierfür gleich Null sein muss. Daraus kann man schließen, dass sich der Aufbau von Cytochrom c innerhalb einer Art vererben muss.

Aber die Forschung an Cytochrom c enthüllte noch ein anderes bahnbrechendes Geheimnis. Die wichtigste Entdeckung, die Darwins Theorie bestätigt, war diese: Man untersuchte Cytochrom c auch bei anderen Lebewesen und stellte fest, dass es innerhalb einer Art identisch war, es aber zwischen den einzelnen Arten geringfügige Abweichungen gibt, bei denen eine oder einige wenige Aminosäuren in einer bestimmten Position durch eine andere ersetzt wurden. Zwischen einem Menschen und einem Rhesusaffen besteht der Unterschied nur aus einer einzigen Aminosäure, die in der 58ten Position abweicht. Mit der Rechnung die wir oben aufgestellt haben, wäre dann die Chance, dass wir nicht mit einem Rhesusaffen durch die Evolution verwandt sind  $1/20$  hoch 103. Bei dem Vergleich den wir zur Verdeutlichung machten, spielt es nun keine Rolle ob der Exponent bei 104 oder 103 liegt. Es ist immer noch völlig unwahrscheinlich.

Je weniger Übereinstimmungen, desto geringer der Verwandtschaftsgrad. So sind es zwischen Mensch und Hund schon 11 von 104 möglichen Abweichungen. Nachdem man nun das Cytochrom c in den unterschiedlichsten Arten analysiert hatte, war es möglich, die Verwandtschaftsgrade und wer von wem abstammt graphisch darzustellen. Das Ergebnis deckte sich ziemlich genau mit dem Stammbaum der Arten, den man zuvor nur aus den Fossilien, ihren Fundorten und Merkmalen abgeleitet hatte. Damit war eine wichtige Entdeckung gemacht, die Darwins Hypothese zur Entstehung der Arten bestätigte.

Der Biologe Richard Dawkins präsentierte in seinem Buch „Der blinde Uhrmacher“ die so genannte kumulative Selektion, die graduell, also schrittweise so wie es Darwin erklärt, die Evolution voranbringt. Dabei ist kumulative Selektion einer rein zufälligen Auswahl haushoch überlegen. Mit der kumulativen Selektion als Argument kontert Dawkins alle Wahrscheinlichkeitsberechnungen, die die Evolution in astronomische Dimensionen verbannen und versucht zu beweisen, dass Darwins Mechanismus allein ausreichend ist, damit die Evolution in der Zeit die ihr zur Verfügung stand, das zu produzieren, was wir in der heutigen realen Welt vorfinden.

Zu diesem Zeitpunkt wird es allerdings besonders interessant, genauer zu untersuchen, was der Zufall zustande bringen kann, aber vor allen Dingen, was man vom Zufall nicht erwarten sollte. Wenn die Wahrscheinlichkeit für ein Ereignis in astronomische Dimensionen abdriftet, ist der Zufall kein brauchbares Argument mehr. Das gleiche gilt natürlich auch für die von der Wissenschaft aufgeführten Alternativen zum Zufall. Der Astronom und Mathematiker

Fred Hoyle hat es einmal etwa so ausgedrückt: „Wer für ein extrem unwahrscheinliches Ereignis den Zufall als Erklärung bemüht, ist auch nicht besser als derjenige, der Gott als Erklärung und Urheber für ein solches Ereignis anbietet.“

Deshalb wollen wir uns im Folgenden etwas näher damit befassen, wann es sinnvoll ist, mit dem Zufall und Wahrscheinlichkeiten zu argumentieren und damit, ob die zum Zufall angebotenen Alternativen, die sich im Rahmen der Naturgesetze und auf physikalisch chemischer Basis bewegen, wirklich eine Alternative zum Zufall darstellen.

Die Diskussion hierzu ist schon mehrere hundert Jahre alt. Man hat für die Argumentation, die den Zufall propagiert, das Beispiel eines ewig tippenden Affen diskutiert und für die kumulative Selektion, die die Bereiche erklären kann, in denen der Zufall oder der ewig tippende Affe nichts ausrichten kann, verwendet man häufig „Dawkins Weasel“, einen Algorithmus der die Ergebnisse der kumulativen Selektion als effektive Alternative zum Zufall anbietet.

Wir wollen uns im nächsten Abschnitt ein genaues Bild von Affe und Wiesel verschaffen, um zu sehen, was wirklich an dieser Argumentation dran ist.

### *Affe und Wiesel im Dienst der Evolution*

Der Zufall ist eine wichtige Komponente in Darwins Mechanismus zur Evolution. Er produziert die Variationen in der Physiologie der Lebewesen, die von der natürlichen Selektion in einem weiteren Schritt bewertet werden, wobei entschieden wird, ob sie sich als vorteilhaft für das Überleben und Reproduktionsmöglichkeiten erweisen und in der Art durchsetzen können. Allerdings könnte man das Vermögen des Zufalls, eine gewisse Struktur hervorzubringen, in Frage stellen.

Inwieweit dies möglich ist, kann das nachfolgende interessante, mathematische Theorem beantworten.

### *Der ewig tippende Affe*

Der Lehrsatz des ewig tippenden Affen, besser bekannt unter seiner englischen Bezeichnung „The Infinite Monkey Theorem“ ist ein beliebter Bestandteil einer Argumentation, die sich mit der Möglichkeit auseinandersetzt, dass etwas durch Zufall entstanden sein könnte.

Das Theorem kann ungefähr wie folgt formuliert werden:

Wenn ein Affe zufällig in die Tasten einer Schreibmaschine schlägt, so kann er irgendwann auf diese Weise Shakespeares Werke erzeugen, unter der Voraussetzung, dass man ihm beliebig viel Zeit gibt.

Diese Behauptung lässt sich rein mathematisch mit dem Lemma von Borel-Cantelli beweisen. Damit ist dieses Theorem gut dazu geeignet, nahezu jedes Argument zu entkräften, das behauptet, dass es unmöglich ist, dass etwas durch Zufall entstanden sein kann. Dies macht sich der Biologe Richard Dawkins in seinem Buch „Der blinde Uhrmacher“ zu Nutze und verwendet es sogar als Aufhänger für den Titel.

Pastor William Paley wurde im 17ten Jahrhundert durch seine Uhrmacheranalogie bekannt. In seinem Buch „Natural Theology“ erklärte er, dass man den Dingen ansehen kann, ob sie von der Natur produziert oder von einer Intelligenz konstruiert wurden. So nimmt er das Beispiel, dass man auf einem Spaziergang auf seinem Weg einen Stein und eine Uhr findet. Er behauptet dann, dass man der Uhr im Gegensatz zum Stein direkt ansehen kann, dass sie zu einem gewissen Zweck konstruiert wurde. Es steht für ihn fest, dass ein Uhrmacher als Konstrukteur dahintersteht. Hieraus schließt er, dass man anhand der Objekte, die man in der Natur entdecken kann, auf die Urheberschaft einer konstruierenden Intelligenz, mit der er Gott meint, schließen kann.

Richard Dawkins kann nun mit Hilfe des Infinite Monkey Theorems zu Recht behaupten, dass die Uhr auch durch Zufall oder, wie er es ausdrückt, durch einen blinden Uhrmacher produziert worden sein kann.

Eine völlig andere Frage in diesem Zusammenhang ist es, wie groß die Wahrscheinlichkeit ist, dass das Objekt in Frage durch Zufall entstanden ist. Aber selbst bei extrem niedriger Wahrscheinlichkeit wie einem Sechser im Lotto die bei 1 zu 13 983 816 liegt, kann nicht ausgeschlossen werden, dass ich mir knapp 14 Millionen Versuche oder abgegebene Tipps sparen kann und bereits bei der nächsten Ziehung einen Sechser lande. Niemand wäre allerdings bereit 100 Euro zu wetten, dass mein Tipp schon am nächsten Wochenende den Sechser erwischt.

Ein weiteres Problem das sich ergibt ist, dass der Affe während der gesamten Zeit eine unendliche Menge sinnlosen oder besser gesagt informationslosen Buchstabensalats produziert. Der Affe kann mittels Zufall im Prinzip alles, also nicht nur Shakespeares Werke, produzieren, sondern ebenso gut die Titelstory der Bildzeitung vom nächsten Sonntag oder die Lottozahlen der Ziehung vom übernächsten Wochenende. Nur wird es kaum gelingen, diese Information in diesem unendlichen Haufen von Buchstaben zu identifizieren, da man

kaum zum richtigen Zeitpunkt auf die richtigen Zeichen sehen wird und die gesamte Folge von Zeichen rein statistisch gesehen gar keine Information darstellt.

Diesem Problem glaubt Richard Dawkins abhelfen zu können, indem er die kumulative Selektion mit ins Spiel bringt und einen Algorithmus als Erklärungsmodell, der als Dawkins Weasel bekannt wurde.

Aber bevor wir uns diesem zuwenden, wollen wir zum besseren Verständnis noch ein paar zusätzliche Betrachtungen zu den Möglichkeiten des Zufalls vornehmen.

### *Die Grenzen des Zufalls*

Der Zufall wird häufig als Erklärung für Ereignisse bemüht, deren Eintreffen extrem unwahrscheinlich ist. In den unendlichen Weiten unseres Universums, das seit einer Ewigkeit existiert, ist alles möglich und kann irgendwann einmal so eingetroffen sein.

Bei gründlicher Betrachtung muss man jedoch feststellen, dass auch dieses Universum seine Grenzen hat, und diese begrenzen auch die Wahrscheinlichkeit dafür, dass etwas durch Zufall entstanden sein könnte.

Man kann z.B. argumentieren, dass das Leben sich zufällig bildete, indem sich zunächst Moleküle zu Aminosäuren formten, die die Grundbausteine des Lebens verkörpern. Diese wiederum bildeten Aminosäureketten aus denen sich die Enzyme, Proteine und andere Komponenten des Lebens entwickelten, die schließlich bei einer gewissen zufällig entstandenen Anordnung den ersten lebenden einzelligen Organismus hervorbrachten. Durch Mutationen und Variationen entwickelten sich mehr und mehr komplexe lebende Organismen bis zu so komplexen Gebilden wie wir selbst.

Natürlich ist diese Darstellung viel zu einfach, aber die Frage, die geklärt werden soll ist, wie weit es in den Grenzen unseres Universums möglich ist, all diese Variationen und Mutationen durchzuspielen.

Klären wir zunächst die Frage, wo die zeitmäßige Grenze für Variationen und Mutationen liegt.

Das schnellste System das jemals irgendwelche Operationen ausgeführt hat, ist seit Juni 2022 der chinesische Supercomputer „Frontier“ der Firma HPE. Er erreicht  $1,1 \cdot 10^{18}$  Fließpunktoperationen in der Sekunde. Damit können wir annehmen, dass die bisherige obere Grenze für die Anzahl Operationen pro Sekunde für ein beliebiges Objekt auf der Erde

pro Sekunde ob Fließpunktrechnen, physikalische Variation oder biologische Mutation unter  $10^{18}$  liegen müsste.

Das Universum ist weniger als 14 Milliarden Jahre alt. Damit sind seit Beginn des Universums maximal  $10^{17}$  Sekunden vergangen.

Unser Supercomputer hätte so seit das Universum existiert maximal  $10^{35}$  Operationen ausführen können.

Na ja, könnte man jetzt argumentieren, dann bauen wir eben eine ganze Reihe solcher Supercomputer. Aber wie viele könnten wir maximal bauen?

Die Anzahl der Atome im Universum wird auf maximal  $10^{87}$  geschätzt. Wenn wir nur ein einziges Atom für unseren Supercomputer brauchten, könnten wir maximal  $10^{87}$  Stück davon bauen.

Diese könnten dann zusammen seit Beginn des Universums  $10^{122}$  Operationen ausgeführt haben.

Damit wird alles, was mit einer Wahrscheinlichkeit von mehr als  $10^{122}$  eintreffen könnte, extrem unwahrscheinlich.

Wenn also jemand behauptet, dass Shakespeares Werke durch Zufall entstanden sein könnten, z.B. dadurch, dass ein Affe in die Tasten gehauen hätte, so ist das im Prinzip ausgeschlossen.

Um eine Wahrscheinlichkeit unter  $10^{122}$  zu erreichen, geht die Grenze bereits bei 500 Zeilen von Shakespeares Werken.

Wenn jetzt jemand sagt, na gut, aber der Zufall kann jederzeit, das Ergebnis produzieren also auch beim ersten Versuch, so hat er in einer Beziehung recht. Wenn ich 10 Euro dagegen wette, dass jemand im ersten Wurf sechs Sechsen würfelt gilt Folgendes: Wenn jemand die Zahlen 2, 4, 3, 6, 5, 5 als Ergebnis eines ersten Wurfes mit sechs Würfeln erhalten hat, hat dieser Wurf die gleiche Wahrscheinlichkeit wie sechsmal eine 6.

Der Unterschied ist jedoch, dass sechsmal die 6 vorher spezifiziert wurde und nicht wie 2,4,3,6,5,5 nachher.

Mit der Spezifikation von Shakespeares Werken, bevor der Affe loslegt gilt das gleiche, auch wenn das die gleiche Wahrscheinlichkeit wie ein Buchstabensalat hat, der vorher nicht spezifiziert wurde.

Also was brauchen wir?

Einen unglaublichen Zufall, die Intelligenz eines William Shakespeares oder einen evolutionären Prozess, wie ihn z.B. Richard Dawkins mit seinen "Weasel" beschreibt.

Oder ist da vielleicht noch etwas anderes?

### *Ein Wiesel erklärt die Evolution neu*

Richard Dawkins präsentiert in seinem Buch "Der blinde Uhrmacher" ein neues interessantes Erklärungsmodell für die Evolution, das er kumulative Selektion nennt. Dies ist im Prinzip nichts Neues, da ja bereits Darwin eine graduelle Evolution in kleinen Schritten propagiert hat. Neu hingegen ist Dawkins Erklärungsmodell.

Kumulative Selektion erreicht ihr Ziel nicht in einem großen Schritt mit extrem geringer Wahrscheinlichkeit, sondern in einer Folge von kleinen Schritten mit deutlich höherer Wahrscheinlichkeit.

Wenn wir zum Beispiel beim Würfeln drei Sechsen würfeln sollen, so ist die Wahrscheinlichkeit dafür 1 zu 216. Wir könnten dagegen die Spielregeln ändern und entsprechend der kumulativen Selektion in kleinen Schritten arbeiten. Das würde bedeuten, dass wir jede geworfene Sechse auf dem Tisch liegen lassen dürfen und nur noch mit den restlichen Würfeln weitermachen. Damit steigen unsere Chancen plötzlich von 1 zu 216 auf 1 zu 11.

Dawkins greift nun das Beispiel des ewig tippenden Affen, der zwar rein theoretisch, aber in der Praxis nahezu unmöglich, durch zufälliges in die Tasten hauen Shakespeares Werk bei der gegebenen Wahrscheinlichkeit schreiben könnte, wie wir im vorherigen Kapitel sehen konnten. Er zeigt nun, dass der Affe mit Hilfe der kumulativen Selektion sehr wohl das gewünschte Ziel erreichen kann. Natürlich begrenzt sich Dawkins bei der Anwendung seines Erklärungsmodells auf einen geringen Teil von Shakespeares Werk, einen Satz aus Hamlet der lautet: „METHINKS IT IS LIKE A WEASEL“. Anschließend beschreibt er einen Algorithmus auf seinem Computer, der diesen Satz durch zufällige Variation der Buchstaben in wenigen Schritten produzieren kann. Er zeigt jedoch nur die Ergebnisse der einzelnen kumulativen Schritte, aber nicht den gesamten Algorithmus.

Für einen Systemanalytiker ist es allerdings nicht sehr schwierig, anhand der beschriebenen Rahmenbedingungen und der gezeigten Oberfläche diesen Algorithmus nachzubauen.

Das habe ich dann einfach mal getan. Ich benutzte dazu eine einfache 4GL Programmiersprache aus den 80er Jahren, in denen Dawkins seinen Algorithmus entwickelte, die für den Leser vermutlich einfach zu verstehen ist.

Das Ziel des Algorithmus ist es, den Satz „METHINKS IT IS LIKE A WEASEL“ durch zufälligen Variation und anschließende kumulative Selektion in einzelnen Schritten zu erzeugen. Hierzu werden in jeder der 28 Positionen des Satzes die Buchstaben zufällig variiert. Es stehen 26 Grossbuchstaben plus ein Leerzeichen also 27 Zeichen zur Verfügung. Eine Bewertungs- oder besser gesagt Fitnessfunktion, die die Tauglichkeit dadurch bewertet, dass sie die zufällig variierten Zeichenfolge in den einzelnen Positionen mit dem Zielsatz vergleicht, und die Anzahl Treffer bewertet, steuert die Zeichenfolge schrittweise ins Ziel, dadurch dass die übereinstimmenden Zeichen nicht mehr variiert werden.

Ein Problem, das uns später noch beschäftigen wird, ist es, den Zufall in ein Computerprogramm zu bringen. Wir sollen ja zufällig eines von 27 Zeichen wählen. Moderne Programmiersprachen besitzen Funktionen für Pseudozufallszahlen z.B. RND(I), wobei I das Intervall angibt. Da mir in meiner Programmiersprache diese Funktion nicht zur Verfügung stand, musste ich sie selbst programmieren. Das ist nicht besonders schwer und kann wie folgt programmiert werden:

```
SUBPROCEDURE MOD27; /* ERZEUGT ZUFALLSZAHLEN VON 1-27 */
CYCLE WHILE &Y>&M;
SET &Y=&Y-&M;
END;
    SET &ZZ27=&Y;
    CYCLE WHILE &ZZ27>27;
    SET &ZZ27=&ZZ27-27;
    END;
SET
&Y=&A*&Y+&C;
END SUBPROCEDURE;
```

Eine Zahlenfolge  $y(n+1)=a*y(n)+c$  wird auf das Intervall 1-27 abgebildet. Wie sich dabei zeigt, hat das Ganze so seine Tücken. Es entstehen nämlich so keine echten Zufallszahlen, sondern nur eine periodische Folge zufallsverteilter Zahlen, die sich immer wiederholen. Es ist erforderlich die Zahlen a und c so geschickt zu wählen, dass die Periode nicht zu kurz wird. Wenn diese in unserem Beispiel kürzer als 27 wird, so ist das Ziel

unerreichbar, da wir nicht alle Zeichen erhalten können. Das systematische Auftreten von Perioden bei Zufallszahlen hat jedoch besonders bei der Simulation evolutionärer Prozesse den Nebeneffekt Strukturen zu erzeugen, die nicht zufällig sind. Diese können dann leicht als Ergebnis des Zufalls oder der Evolution interpretiert werden, was jedoch nicht korrekt ist. Aber dieses Problem wird uns erst später beschäftigen.

Lassen wir jetzt einmal Dawkins Weasel Algorithmus, der jedes der 28 Zeichen zufällig mutiert, bis der gewünschte Zielsatz erscheint.

An der Oberfläche zeigt der Algorithmus folgendes Verhalten:

```
HPLNMFQVRBJXQVFQGREPIWGOEJR  WERT: 1  SCHRITTE:  1
HED KSKUZITJXBGIKSIQAYWIKGEL  WERT: 8  SCHRITTE:  9
AERKSIKZGITCIQAXBDF ABWDFNEL  WERT:10  SCHRITTE: 21
METHOTKS IT IS LJKL ABWPASEL  WERT:22  SCHRITTE: 47
METHINKS IT IS LXKT A WEASEL  WERT:26  SCHRITTE: 59
METHINKS IT IS LIKE A WEASEL  WERT:28  SCHRITTE: 77
```

(Mit Wert ist die Anzahl richtiger Zeichen gemeint.)

Es ist erstaunlich zu sehen wie eine unstrukturierte Zeichenfolge in wenigen Schritten durch den Zufall mutiert wird und mittels kumulativer Selektion ins Ziel konvergiert.

Statt mit 10 hoch 30 Versuchen das Ziel in einem Schritt zu erreichen, braucht Dawkins Wiesel, im Gegensatz zum ewig tippende Affen, nun mit Hilfe der kumulativen Selektion nur noch knapp 100 Schritte.

Das ist offensichtlich ein imponierendes Resultat.

Dawkins gesamter Algorithmus sieht dann etwa so aus:

```
PROC;                                /*                WEASEL                1.0 */

CRE VAR &X INTEGER=43755 , &Y INTEGER=12345 ;
CRE VAR &A INTEGER=31,&C INTEGER=5 ,&M INTEGER=933;
CRE VAR &I INTEGER=0 , &ZZ27 INTEGER=0;
CRE VAR &ZIEL CHAR(28)='METHINKS IT IS LIKE A WEASEL';
```



```

CRE VAR &STRING CHAR(28)='*****';
CRE VAR &ABC CHAR(27)='ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ ';
CRE VAR &HITS(28) INTEGER=0 ; /* LISTE KORREKTER POSITIONEN */
CRE VAR &OK(28) INTEGER=0;
CRE VAR &IHITS INTEGER=0; /* INDEX UEBER AKTUELLE POSITION */
CRE VAR &LOOP INTEGER=1, &NHITS INTEGER=0; /* ANZAHL RICHTIGE ZEICHEN*/
SUBPROCEDURE MOD27; /* ERZEUGT ZUFALLSZAHLEN VON 1-27 */
CYCLE WHILE &Y>&M;
SET &Y=&Y-&M;
END;
    SET &ZZ27=&Y;
    CYCLE WHILE &ZZ27>27;
    SET &ZZ27=&ZZ27-27;
    END;
SET
&Y=&A*&Y+&C;
END SUBPROCEDURE;
CYCLE WHILE &LOOP<200;

&IHITS=1;
CYCLE WHILE &IHITS<29;
IF &HITS(&IHITS)<1 THEN
    PERFORM SUBPROCEDURE MOD27;
    SET &STRING(P=&IHITS,L=1)=&ABC(P=&ZZ27,L=1);
    /* Fitnessfunktion */
    IF &STRING(P=&IHITS,L=1)=&ZIEL(P=&IHITS,L=1) THEN
        SET &HITS(&IHITS)=1, &NHITS=&NHITS+1;
    END;
END;
SET &IHITS=&IHITS+1;
END;
    SEND MESSAGE &STRING,' WERT:', &NHITS , ' SCHRITTE:',&LOOP WAIT;
    IF &NHITS=28 THEN
        BREAK CYCLE;
    END;
SET &LOOP=&LOOP+1;

```

SET

```
END;  
SEND MESSAGE &STRING, ' ERREICHT IN ',&LOOP , ' SCHRITTEN' WAIT;  
END PROC;
```

Bei genauerer Betrachtung dieser einfachen Version des Weaselalgorithmus taucht jedoch schnell die Frage auf, ob das Argument der kumulativen Selektion überhaupt auf die Evolution angewendet werden darf. Die Eigenschaften der kumulativen Selektion stehen völlig im Einklang mit Darwins Mechanismus und der graduellen Entwicklung der Lebewesen. Was jedoch in Frage gestellt werden kann ist, ob der oben aufgeführte Algorithmus für kumulative Selektion ein geeignetes Erklärungsmodell für die Evolution bietet.

Der Spiegel publizierte im Darwinjahr 2009 einen enthusiastischen Artikel, der Dawkins Erklärungsmodell als endgültigen Beweis für Darwins Evolutionslehre propagierte. Der Hauptkritikpunkt gegen oben beschriebenen Algorithmus ist, dass die als korrekt erkannten Zeichen nicht mehr der Veränderung unterliegen. Dieser wurde jedoch einfach mit dem Argument neutralisiert, dass die Zeichen und auch deren Entsprechung in biologischen Organismen auch in Wirklichkeit „irgendwie kleben bleiben“.

Zum besseren Verständnis sehen wir uns noch einmal unsere Würfel an. Die Chancen drei Sechsen zu würfeln stehen 1 zu 216. Wenn man die Spielregeln ändert, sodass man jede einmal gewürfelte Sechsen auf dem Tisch lassen darf, so verbessern sich die Chancen zu 1 zu 11. Also auch hier bringt kumulative Selektion - und nichts anderes bedeutet die Änderung der Spielregeln - eine entscheidende Verbesserung. Die Frage ist aber, wie die Spielregeln in Wirklichkeit aussehen und nicht, ob Spielregeln konstruiert werden können, die den gewünschten Effekt erzielen.

In der Wirklichkeit, also bei Organismen, die Mutationen ausgesetzt sind, bleiben eben nicht die „guten“ DNA Sequenzen „irgendwie kleben“ und sind von Mutationen ausgenommen. Alle Elemente und damit auch die, die in der letzten Generation eine positive Mutation durchgemacht haben, unterliegen weiteren Mutationen, die dann auch wieder negativ sein können. Außerdem ist es sinnvoll, dass nicht alle Elemente beim Übergang von einer Generation zur anderen mutiert werden.

Dawkins sagt selbst, dass der oben beschriebene Algorithmus ein Beispiel für kumulative Selektion ist, die wirkliche Evolution aber anders funktioniert.

Das Problem ist jedoch dass, genau dieser Algorithmus als Argument dafür benutzt wird, dass Evolution dank der kumulativen Selektion mit rasender Fahrt voranschreiten kann, da sie offensichtlich, wie gezeigt, mit weniger als  $10^2$  statt  $10^{30}$  Versuchen auskommt. Wenn man der Wirklichkeit jedoch näher auf den Grund gehen möchte, so sieht man, dass genau dieser einfache Weaselalgorithmus zu Trugschlüssen verleitet. Um dies zu verdeutlichen müssen wir den Algorithmus mehr an der Realität orientieren.

Deshalb brauchen wir als Erstes einen Algorithmus, bei dem die richtigen Buchstaben nicht kleben bleiben.

Der Versuch den bekannten Algorithmus dahingehend zu modifizieren, dass nur einige zufällig ausgewählte Zeichen mutiert werden, die bei der nächsten Generation die gleiche Chance haben wieder mutiert zu werden, führt nicht zum gewünschten Resultat. Für einen Mathematiker ist der Grund leicht einsichtig. Die Chancen, dass ein negatives Zeichen in ein positives mutiert wird, stehen 1 zu 27. Die Chancen, dass ein positives Zeichen in ein negatives mutiert wird, stehen 26 zu 27. Je mehr Zeichen falsch sind desto größer ist die Chance für eine Verbesserung. Umgekehrt steigt mit zunehmender Anzahl richtiger Zeichen die Chance für eine Verschlechterung. Wir haben es also nicht wie gewohnt mit einem linearen Prozess zu tun, sondern mit einer negativen Rückkopplung, die das Resultat gegen einen konstanten Wert konvergieren lässt. Das ganze lässt sich auf die einfache Formel bringen:

Der evolutionäre Prozess geht solange bergauf wie gilt:  $F > K \cdot (E - 1) / E$

wobei F die Anzahl falscher Buchstaben, K die gesamte Anzahl der Zeichen innerhalb des Satzes „METHINKS IT IS LIKE A WEASEL“ und E die Anzahl der zur Verfügung stehenden Buchstaben ist. Das ergibt bei  $K=28$  und  $E=27$ , dass das Ergebnis sich auf ca. 1,04 richtigen Zeichen einpendelt. Das ist offensichtlich nicht mehr besonders imponierend.

In der ersten Version 1.0 des Weasels war es Dawkins gelungen, durch den Klebeeffekt die gegensteuernde Wirkung der negativen Rückkopplung einfach zu eliminieren und dadurch, dass er dann alle Buchstaben auf einmal mutiert auch noch die maximale Geschwindigkeit zu erzielen. In der Wirklichkeit ist das Ganze nicht mehr so einfach. Es ist allerdings nicht auszuschließen, dass Dawkins diesen optimalen Effekt rein zufällig und nicht durch gezieltes Design des Algorithmus erreicht hat.

Zur Überprüfung der Theorie habe ich eine zweite Version des kumulativen Algorithmus für Dawkins Weasel geschrieben in dem der Klebeeffekt nicht mehr verwendet werden darf.

Um den weniger an der Programmierung interessierten Leser nicht mit Programmcode zu langweilen, folgt an dieser Stelle nur noch das Verhalten des Algorithmus an der Oberfläche. Den Code findet der interessierte Leser im Anhang A1 als Weasel 2.0.

Das Ergebnis am Bildschirm bestätigt das analytisch ermittelte Resultat. Der Wert, also die Anzahl richtiger Zeichen, pendelt ständig zwischen 0 und 2.

Nun kann man mit diesem Programm auch leicht die Gegenprobe machen. Wenn die Ausgangsposition statt 28 zufälliger Zeichen das gewünschte Ergebnis „METHINKS IT IS LIKE A WEASEL“ von Anfang an ist, so müsste der Prozess solange bergab gehen, bis eine Übereinstimmung von nur noch 1,04 Zeichen existiert.

Das Ergebnis auf dem Bildschirm ergibt Folgendes:

```
METHINPS IT I HIKE A WEASEL WERT:25 SCHRITTE: 1
MLTHNNPS IT I HIKE A MEASEL WERT:22 SCHRITTE: 2
MLTFNQOV ITGF BQIKPXAWEEAJIL WERT:11 SCHRITTE: 9
VLSLNDOVPPKEGLWQKYZVOEWAIJS WERT: 2 SCHRITTE: 21
VLRLAYOVPP EGLWQKTYZVOEWAIJS WERT: 1 SCHRITTE: 23
VLHLAYOVKPEEQRWYUTJZVOYWOIGS WERT: 0 SCHRITTE: 27
TPSLJURTKIJLSRQCOZXJGFTOZCQYY WERT: 1 SCHRITTE: 48
OZSZAKMBOIOYDKCWZ TWAOXZPQYV WERT: 2 SCHRITTE: 61
```

Offensichtlich degeneriert das richtige Ergebnis innerhalb von nur 23 Schritten auf den oben analytisch ermittelten Wert.

Damit haben wir auch gleich eine der wichtigen Fragen zur Evolution geklärt, ob und wann ein Prozess bergauf oder bergab geht.

Die Formel:  $F > K * (E - 1) / E$  besagt, dass ein evolutionärer Prozess bergauf geht, solange die Anzahl F der falschen Zeichen, Elemente, Aminosäuren oder DNA-Nucleotide oberhalb des Wertes liegt und bergab, solange er unterhalb liegt.

In unserem Beispiel sind es nur 1,04 Schritte bergauf, was nicht besonders imponiert. Sollte man den gesamten Hamlet, der aus 130 000 Zeichen besteht, als Zielsatz nehmen, so sind es immerhin 4815 Schritte bergauf.

Trotzdem wäre kumulative Selektion, falls sie auf solche Prozesse angewiesen wäre, so nicht das Ei des Kolumbus für die Erklärung der Evolution. Es sollte also noch etwas geben, das die Evolution weiter bergauf befördert, ohne dass wir die richtigen Buchstaben von der Mutation ausschließen müssen.

Das Zauberwort, das uns hier weiterbringt, heißt Reproduktion bzw. Kopien.

Genauso wie die Natur per Generation nicht nur einen Nachkommen der Vorgängergeneration hervorbringt, kann auch unser Programm nicht nur eine einzige mutierte Zeichenkette der nächsten Generation erzeugen sondern gleich mehrere. So wie Darwin es beschreibt, werden dann die Individuen mit dem besten Resultat durch natürliche Selektion die Eltern der nächsten Generation.

Für den Analytiker und Mathematiker stellt sich der Sachverhalt wie folgt dar:

Die Wahrscheinlichkeit, dass der Prozess bergauf geht, ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein falscher Buchstabe zu einem richtigen konvertiert wird minus der Wahrscheinlichkeit, dass ein richtiger Buchstabe in einen falschen verändert wird.

$$W_{\text{pos}} = F/E - R \cdot (E-1)/E$$

Wobei F die Anzahl der falschen, R die Anzahl der richtigen Positionen und E die Anzahl der zur Wahl stehenden Zeichen ist.

Wenn man C Kopien der Zeichenkette hat, von denen man den besten Versuch wählen darf, so gilt

$$W_{\text{pos}} = C(F/E - R \cdot (E-1)/E)$$

Damit steigen die Chancen für eine positive Mutation in der nächsten Generation mit dem Faktor C.

Um die Frage beantworten zu können, wie viele Kopien benötigt werden, damit der Prozess ständig oder besser gesagt bis zum gewünschten Ziel bergauf geht, kann man folgende Betrachtung anstellen:

Im letzten Schritt vor Erreichen des Zieles sind 27 Zeichen von „METHINKS IT IS LIKE A WEASEX“ richtig und ein Zeichen falsch. Wenn nur ein einziges Zeichen pro Generation

verändert wird, stehen die Chancen, dass das falsche Zeichen an der Reihe ist 1:28. Die Chancen, dass dann diese Veränderung das richtige Zeichen liefert stehen 1:27. Damit stehen die Chancen dass der letzte Schritt eine positive Veränderung durchführt 1:756.

Damit der Prozess diese Schwelle überwinden kann, müssen die Chancen auf mindestens 1:1 erhöht werden. Dies ist mathematisch aber dadurch zu erreichen, dass C größer als 756 wird.

Für die Wirklichkeit bedeutet das, dass in der nächsten Generation mindestens 757 Kinder gebraucht werden, die von einem oder mehreren Individuen abstammen können, die alle auf der gleichen Stufe stehen.

Wenn man den Gedanken weiterführt, so kann man auch leicht erkennen, dass es nicht möglich ist, diese Schwelle zu überwinden, wenn mehr als eine einzige Mutation pro Generation zugelassen würde.

Nehmen wir an, wir befänden uns wie oben beschrieben im letzten Schritt des Prozesses, und die erste Mutation wäre erfolgreich. Dann müsste die zweite Mutation dieses positive Ergebnis zwangsläufig wieder zerstören, indem sie einen anderen richtigen oder den soeben zum Positiven konvertierten Buchstaben in der gleichen Generation zum Negativen verändert. Damit wäre nichts gewonnen.

Es deutet sich hier bereits an, dass die Erhöhung der Anzahl von Mutationen im oberen Bereich kein geeignetes Mittel ist, die Evolution voran zu bringen.

Aber genug der Theorie! Machen wir doch den Test. Deshalb soll diese Hypothese hier auch experimentell mit Hilfe eines geeigneten Programms auf Korrektheit geprüft werden.

Dazu kann der Algorithmus WEASEL 2.1 verwendet werden, der im Anhang A2 vollständig als Code beschrieben ist. Der Algorithmus enthält eine Schleife, die nacheinander eine Anzahl von Kopien (Kindern) erzeugt und bewertet. Die Kopie mit dem besten Wert wird behalten. In der Schleife bedeutet das, dass der Wert der aktuellen Kopie mit dem Wert der besten Kopie verglichen wird. Wenn dieser besser ist, wird die aktuelle Kopie zur besten Kopie.

An der Oberfläche zeigt sich folgendes Resultat:

VZCKOYKVRITXOS LJIEUVUHENSEL WERT: 11 GENERATION: 1  
YERGDJKSBIT OS LJMEFAFEEICEL WERT: 14 GENERATION: 2  
MEYHENKSAIT ISKLPKEDV JESNEL WERT: 18 GENERATION: 4  
MERHINKSMIT ISOLIKELA XEMSEO WERT: 21 GENERATION: 6  
RXTHINWS IT IS LGKEXA PEPSEL WERT: 21 GENERATION: 8  
GOTHIPKS XR ISCLNRE A WEASEL WERT: 20 GENERATION: 10

In Vergleich zum Vorgängeralgorithmus waren wir schon sehr erfolgreich. Es geht bergauf, und der Gipfel pendelt sich irgendwo bei 20 bis 21 richtigen Zeichen ein, statt bei nur 1,04 vorher.

Ein Anlass, weshalb das eigentliche Ziel nicht erreicht wurde ist, dass die Anzahl Kopien mit 222 zu klein war, ein anderer, dass wir drei Mutationen per Generation zugelassen haben.

Wenn wir den Wert für die Anzahl Kopien auf über 757 und die Anzahl Mutationen auf eins setzen, passiert Folgendes:

METHINKSJIP IG SIKE A KEASEL WERT: 23 GENERATION: 1  
METHINKSZIL IS LIKE A WEASEL WERT: 26 GENERATION: 2  
METHINKSDIT IS LIKE A WEASEL WERT: 27 GENERATION: 4  
METHINKSAIT IS LIKE A WEAQEL WERT: 26 GENERATION: 5  
METHINKSUIT IS LIKE A WEASEL WERT: 27 GENERATION: 6  
METHINKSUIT IS LIKE A WEASEL WERT: 27 GENERATION: 7  
METHINKSZIT IS LIKENA WEASEL WERT: 26 GENERATION: 8  
METHINKSGIT IS LIKE A WEASEL WERT: 27 GENERATION: 10  
METHINKS IT IS LIKE A WEASEL WERT: 28 GENERATION: 17

Damit ist es uns offensichtlich gelungen, einen Algorithmus zu finden, in dem nun richtige Zeichen nicht mehr kleben bleiben müssen, sondern permanent über sämtliche Generationen der zufälligen Variation ausgesetzt sind. Das kann unter anderem dazu führen, dass das bereits richtige WEASEL vorübergehend wie in Generation 5 zum WEAQEL wird.

Fassen wir es noch mal zusammen: Bei ausreichend großer Anzahl von Nachkommen pro Generation geht ein evolutionärer Prozess gesteuert durch kumulative Selektion ständig bergauf, bis das Ziel erreicht wird. .

Es darf jedoch nicht mehr als eine Mutation per Individuum und Generation erfolgen, damit das Ziel erreicht werden kann. In allen anderen Fällen geht der Prozess bis zu einem gewissen Niveau bergauf oder auch bergab, d.h. es findet eine Degeneration statt, wenn von einem hohen Niveau gestartet wird.

Für Dawkins WEASEL bestehend aus 28 Zeichen ist eine Population von mindestens 756 Individuen per Generation erforderlich. Für Shakespeares Hamlet mit 130000 Zeichen wären es schon 3,5 Millionen. Für Shakespeares gesammelte Werke wären es noch wesentlich mehr, und für einen komplexen Organismus wie den Menschen erreichen wir schon wieder astronomische Zahlen.

Man darf sich also nicht von Beispielen, wie dem klebrigen Weasel täuschen lassen, das mit rasender Geschwindigkeit loslegt und in wenigen Schritten das komplexe Ziel erreicht hat.

Die Mutation aller Buchstaben, das Klebenbleiben richtiger Buchstaben, sowie die geringe Anzahl der Buchstaben machten das möglich. Ein mehr der Natur angepasster Algorithmus wird langsamer und langsamer je weiter er sich dem Ziel nähert. Das ist eben der Unterschied zwischen Linearität und negativer Rückkopplung, die das Verhalten bestimmen.

Was uns bei diesen möglichen astronomischen Zahlen offensichtlich nicht retten kann, ist das Argument, dass wir auch astronomisch viel Zeit zur Verfügung haben. Es hilft nämlich gar nichts, wenn wir unter astronomisch langen Zeiträumen gegen die Grenze anrennen, bei der die kumulative Evolution aufgrund begrenzter Population zum Stillstand kommen muss. Allerdings bleibt uns auch hier noch die gleiche Chance, wie sie der ewig tippende Affe hat, um das Ziel zu erreichen.

Halt! Stopp! höre ich es da von verschiedenen Seiten. Das Problem liegt nicht bei der Evolutionstheorie, sondern bei dem angewandten Modell, d.h. dem beschriebenen Algorithmus.

Die Wirklichkeit ist anders! Der Algorithmus hat eine Bewertungs- oder Fitnessfunktion, die ein Ziel kennt, mit dem das aktuelle Resultat verglichen wird und so bewertet werden kann.



Darwin hat es jedoch deutlich ausgedrückt: Die Evolution kennt kein Ziel. Ein Algorithmus, der gegen ein Ziel konvergiert, ist damit auch kein perfektes Erklärungsmodell für die Evolution.

Nehmen wir dieses Argument ernst. Die Bewertungs- oder Fitnessfunktion der Evolution ist die natürliche Selektion. Gut ist, was die eigene Überlebensfähigkeit bzw. Reproduktionsfähigkeit verbessert, schlecht ist, was diese verschlechtert. Was nun was ist, ergibt sich aus den Rahmenbedingungen der Umwelt, in der sich die Population bewähren muss. Es spielt also gar keine Rolle, ob gute Variationen die Reproduktionsfähigkeit verbessern oder ob alles, was die Reproduktionsfähigkeit verbessert, gut ist. Wir haben es hier nur mit dem altbekannten Problem „Wer war zuerst da? Ei oder Huhn?“ zu tun, das nicht gelöst werden kann und in einem schwingenden System mit negativer Rückkopplung auch nicht gelöst werden braucht.

Wie nun aber der Maßstab gut-schlecht oder richtig-falsch entstanden ist, spielt damit keine Rolle für das Erklärungsmodell und dessen analytischen Hintergrund. Unabhängig davon, wie viele der denkbaren Variationen gut und wie viele schlecht sind, was von der Fitnessfunktion selbst abhängt, so gibt es die oben angesprochene Grenze, bis zu der ein Prozess bergauf bzw. bergab geht. Die Frage ist lediglich, ob das Beispiel mit den richtigen und falschen Buchstaben eine völlig andere Dimension erzeugt, als die Wirklichkeit mit gut und schlecht für die eigene Reproduktion. Vermutlich liegt der Unterschied nicht in einer Größenordnung, der die Wirklichkeit aus den astronomischen Dimensionen der Buchstabenketten in einfache Dimensionen herunterholt. Lediglich die Anfangswerte der Wahrscheinlichkeiten verschieben sich, ohne dass am Modell etwas geändert werden müsste.

Die Wahrscheinlichkeit für eine Mutation zu einem richtigen Buchstaben war  $1/27$  pro Zeichen und  $26/27$  für eine Mutation zu einem falschen Buchstaben.

Die Wahrscheinlichkeit für eine Mutation mit einem guten Austausch einer Aminosäure in einer Proteinkette ist  $x$  und  $1-x$  für einen schlechten Austausch. Ob wir es dann nur mit 20 verschiedenen Aminosäuren statt 27 Buchstaben zu tun haben, dürfte dabei nicht entscheidend sein. Es ist immer noch davon auszugehen, dass es mehr schlechte Mutationen als gute gibt. Dawkins drückt das so aus: Im Organisationsraum der zufälligen Veränderungen gibt es wesentlich mehr Möglichkeiten tot zu sein als lebendig.

Damit kann festgestellt werden, dass der Verzicht auf die Konvergenz gegen ein exakt definiertes Ziel uns nicht aus den astronomischen Dimensionen herausholen kann.

Aber werfen wir nun wieder einen Blick auf die Wirklichkeit, also auf die Natur. Hier gibt es Arten von Lebewesen mit sehr geringer Population. Diese müssten im Prinzip dann alle in kürzester Zeit degenerieren und danach verschwinden. Tiger, Nashörner oder Pandas gibt es nur noch in einigen tausend Exemplaren. Ihr größtes Problem ist aber offensichtlich nicht die Degeneration.

Das deutet darauf hin, dass der oben genannte Algorithmus immer noch kein optimales Modell zur Erklärung der Evolution ist. Also an welchen Schrauben können wir noch drehen?

Eine Mutationsrate von deutlich unter 1 per Generation könnte die Erklärung dafür liefern, dass auch kleinere Populationen nicht in kurzer Zeit degenerieren. Das bringt uns dann allerdings in noch tiefere astronomische Dimensionen bei der Erklärung der umgekehrten Richtung.

Suchen wir also zunächst nach einer Möglichkeit unser Modell so zu verändern, dass es ohne solch große Populationen auskommen kann.

Wenn die kumulative Evolution an eine unüberwindliche Barriere stößt, z.B. weil die Population zu klein ist, fährt sie sich auf einem Niveau fest mit einem Wert, der nicht überschritten wird.

Bei genauerem Hinsehen kann man jedoch feststellen, dass zwar die Anzahl der richtigen Position gleich ist oder sich in der Nähe des Grenzwertes hält, aber die richtigen Positionen selbst finden sich an unterschiedlichen Stellen.

Der kumulative Prozess erzeugt so eigentlich mehr Information über das Ziel, als wir uns bisher zu Nutze machen können.

```
MERHINKSMIT ISOLIKELA XEMSEO WERT: 21 GENERATION: 6  
RXTHINWS IT IS LGKEXA PEPSEL WERT: 21 GENERATION: 8  
GETHIPKS XR ISCLNRE A WEASEL WERT: 21 GENERATION: 10
```

Um die ungenutzte Information verwenden zu können, müsste man die verschiedenen Resultate miteinander kombinieren. Das ist natürlich technisch für einen Programmdesigner kein Problem, aber passt das Modell dann immer noch als Erklärungsmodell für einen evolutionären Prozess in der Wirklichkeit?

Die Antwort ist ja! Die Natur, Evolution, der Schöpfer oder wer Sie wollen hat einen Weg gefunden das Problem zu lösen. Das zweite Zauberwort nach „Reproduktion“ heißt „Sexualität“.

Bei sexueller Vererbung werden die Gene von beiden Vater und Mutter an die Kinder weitergegeben, die nun ihrerseits von den positiven Eigenschaften beider Teile profitieren könne.

Um dies für unser Weasel nutzbar zu machen, nehmen wir eine Anleihe bei Gregor Mendels Vererbungsgesetzen.

Besitzt der Vater die Gene ABCD und die Mutter die Gene 1234 so gibt es für die erste Generation von Kindern die vier Kombinationen A2C4, 1B3D, AB34, 12CD.

Genauso sollen nun die Zeichenketten innerhalb des Programms miteinander kombiniert werden. Zusätzlich erlauben wir noch eine Mutation per Generation und Kind.

Die Population begrenzen wir drastisch auf nur 8 Individuen für vier Väter und vier Mütter per Generation. Diese erzeugen pro Generation 16 Kinder, von denen aber nur die 8 besten aufgrund des begrenzten Lebensraumes weiterleben und sich in der nächsten Generation fortpflanzen dürfen.

Unser Weaselalgorithmus wird nun um diese Elemente ergänzt. Den Code des vollständigen Algorithmus WEASEL 3.0 findet der Leser in Anhang A3.

Was uns aber hauptsächlich interessiert, ist die Frage, ob wir auf diese Art und Weise mit einer Population von nur 16 Individuen das Ziel, also den vollständigen Satz „METHINKS IT IS LIKE A WEASEL“, erreichen können und in wie viele Schritten wir hierzu brauchen.

Also starten wir und sehen uns die Oberfläche an:

```

GENERATION:          1
VATER                W MUTTER                W
METHINKS IT IS LIKE A WEASEL    METHINKS IT IS LIKE A WEASEL
***H*****          1 *****          0
*****P*****        0 *****L*****        0
*****N*****        0 *****M**          0
**F*****           0 *****Q*****          0
GENERATION:          2

```

VATER		W MUTTER		W
METHINKS IT IS LIKE A WEASEL		METHINKS IT IS LIKE A WEASEL		
***H*****Q*****	1	***H*R*****	1	
**L*****I*****	1	G*****	0	
***E*****	0	*****P*****P****	0	
*****W*****	0	**L**G*****P*****	0	

GENERATION: 188

VATER		W MUTTER		W
METHINKS IT IS LIKE A WEASEL		METHINKS IT IS LIKE A WEASEL		
METHINKS FT IS LIKE A WEASEL	27	MENHINKS IT IS LIKE A WEASEL	27	
METAINKS IM IS LIKE A WEASEL	26	METHINKS QT IS LIGE A WEASEL	26	
METHINKSTIM IS LIKE A WEASEL	26	METHINKS ITIIS LDKE A WEASEL	26	
METHINKS IT MS LKKE A WEASEL	26	METHINKSRIT IS LEKE A WEASEL	26	

GENERATION: 212

VATER		W MUTTER		W
METHINKS IT IS LIKE A WEASEL		METHINKS IT IS LIKE A WEASEL		
<b>METHINKS IT IS LIKE A WEASEL</b>	<b>28</b>	METHINKS IT IJ LIKE A WEASEL	27	
MEJTINKS IT IS LIKE A WEASEL	26	METHINKI IT IS LIKE A WEGSEL	26	
METHINKS IT HSWLIKE A WEASEL	26	METOINKS IT IS LIKE A WLASEL	26	
METHINKG ITOIS LIKE A WEASEL	26	METHINKM IT IS LIKEJA WEASEL	26	

Wie wir sehen können, konvergiert der Algorithmus mit einer Population die deutlich unter 756 liegt ins Ziel.

Welche Schlüsse lassen sich aus der Analyse von Dawkins Weasel ziehen. Zum ersten: Kumulative Selektion ist Realität. Dawkins Weasel ist ein brauchbares Erklärungsmodell für einen evolutionären Prozess, das besser zur Wirklichkeit passt, als der endlos tippende Affe. Damit sind die mathematischen Argumente des endlos tippenden Affen nicht mehr relevant als Argument gegen Darwins Evolutionstheorie. Das Modell von Dawkins Weasel ist kein Geheimnis und auch keine Mogelpackung. Das original (klebende) Weasel eignet sich nur als Beispiel für einen Prozess mit kumulativer Evolution, und weniger zur Erklärung des wirklichen evolutionären Prozesses. Das Klebenbleiben von Buchstaben har keine Entsprechung in der Natur, wird aber auch nicht gebraucht, wie der zweite Vorschlag

deutlich zeigte. Der zweite Vorschlag zeigte aber auch, dass der kumulative Evolutionsprozess nicht linear ist, sondern einer negativen Rückkopplung unterliegt.

Dies führt dazu, dass gewisse Grenzen nicht überwunden werden können und dass der Prozess in der Nähe dieser Grenzen immer langsamer abläuft. Beim Versuch die Grenzen zu überwinden, können gewisse Parameter in astronomische Bereiche abdriften. Der Parameter Zeit, der generell als Standardlösung für einen Ausweg aus dem Dilemma angeboten wird, indem man ca. 4 oder sogar 13,5 Milliarden Jahre meint zur Verfügung zu haben, kann die Grenze nicht beeinflussen, da der Grenzwert unabhängig von der Zeit ist. Der Parameter, der im Beispiel dazu beitragen kann die Grenze zu überwinden, ist die Größe der Population, der aber selbst nicht unbedingt verhindern kann, dass Berechnungen für die Evolution in astronomische Bereiche abdriften können, wenn es sich um erheblich mehr als die 28 Zeichen des Weasels handelt.

Mit der Intelligenz eines Programmierers lassen sich, wie das dritte Beispiel zeigt, auch diese Grenzen wieder überwinden. Probeläufe der dritten Version zeigen aber auch deutlich, dass die negative Rückkopplung weiterhin vorhanden ist, was dadurch erkannt werden kann, dass der Zuwachs an richtigen Zeichen immer mehr Generationen benötigt, je näher man dem Ziel kommt.

Der Versuch, sich aus der Affäre zu ziehen, indem man argumentiert, dass die Evolution kein Ziel kennt und man deshalb nicht an die Grenze stößt, ist ebenfalls nicht erfolgreich. Selbst ohne bekanntes Ziel wird zwischen guten und schlechten Mutationen unterschieden, wobei der Maßstab die individuelle Reproduktions- und Überlebensfähigkeit ist. Es ist dabei unerheblich, ob die Definition lautet alles was gut ist verbessert die Reproduktionsfähigkeit oder alles was die Reproduktionsfähigkeit verbessert ist gut. Wie bei den Buchstaben kann man auch in Bezug auf die Reproduktionsfähigkeit davon ausgehen, dass es wesentlich mehr schlechte Alternativen im, wie es Dawkins nennt, „Organisationsraum“ gibt als gute. Der evolutionäre Prozess konvergiert deshalb deutlich gegen eine bestimmte Lösungsmenge bzw. ein Ziel, selbst wenn diese, solange man das Ziel noch nicht erreicht hat, nicht bekannt ist. Damit gilt die dritte Version des Weasels auch für diesen Fall als Erklärungsmodell.

Natürlich wäre es für einen intelligenten geschickten Systemdesigner und Programmierer möglich, eine Version 4 und 5 des Weasels zu entwickeln, die auch die Grenzen von Version 3 weiter hinausschieben. Den intelligenten Designer wollen wir allerdings zunächst aus dem Prozess heraushalten. Damit müssen aber Weasel 4.0 und 5.0 oder deren

Entsprechungen in der Wirklichkeit durch den gleichen evolutionären Prozess, den der Algorithmus abbilden soll, selbst durch zufällige Variation und natürliche Selektion entstehen. Auf diese Weise wird aber das Problem nur auf eine andere Ebene verlagert. Über die Chance, dass die Leser des Codes von Weasel 3.0 diesen fehlerhaft übertragen und ihn dabei schrittweise verbessern, wenn z.B. jemand den Versuch macht, diesen alten 4GL Code nach Java zu übertragen, lässt sich sicher diskutieren.

Es muss jedoch bezweifelt werden, dass diese Diskussion zu einem sinnvollen Ergebnis führt.

Brechen wir also die Diskussion an dieser Stelle ab und schreiben das Resultat fest. Kumulative Selektion und das Beispiel von Dawkins Weasel stellen ein sinnvolles und manchmal besseres Erklärungsmodell für viele Bereiche der Evolutionstheorie dar. Man darf jedoch keinesfalls den Standardfehler eines Forschers oder Wissenschaftlers machen, der eine Entdeckung gemacht hat, dass man nun versucht, alles und jedes mit dieser Entdeckung zu erklären und dass man aus der Tatsache, dass das Erklärungsmodell für die Erklärung eines Sachverhaltes geeignet ist, alle anderen Erklärungsmodelle zum gleichen Sachverhalt ausschließen will.

Dawkins Weasel trägt deutlich dazu bei, die Welt besser zu erklären, aber wir sind immer noch weit weg von einem Beweis, der es zulassen würde andere Positionen, wie die Evolution aus dem Weltraum, wie sie Fred Hoyle und Chandra Wickramasinghe propagieren, den Lamackismus, den Vitalismus oder traditionelle Ansätze von der Diskussion auszuschließen!

Kumulative Selektion aufgrund der Weasel Algorithmen als Beweis für die Nichtexistenz Gottes zu werten, wie es Dawkins offensichtlich tut, ist keinesfalls zu rechtfertigen. Dies muss auf jeden Fall gelten, solange der Algorithmus den Zielsatz im Voraus kennt.

Abschließend noch eine Frage, die auf Antwort wartet. Was ist eigentlich damit gewonnen, wenn das Weasel in einem unintelligenten Prozess die Zeichenkette „METHINKS IT IS LIKE A WEASEL“ erzeugen kann? Das Resultat ist eine Struktur von Buchstaben, in die eine Ordnung hineingebracht wurde, die als Information betrachtet werden kann, im Gegensatz zur unstrukturierten Zeichenfolge zum Start. Aber nur bestimmte Empfänger können sie erkennen und etwas damit anfangen. Doch hat das Weasel damit die gleiche Leistung vollbracht wie Shakespeare? Shakespeares Hamlet ist ein literarisches Kunstwerk, das den Mythos um den dänischen König Amlethus dramatisiert. In der Absicht, das Verhältnis und die Gefühle zwischen Hamlet und seinem Widersacher Polonius seinem

Publikum zu vermitteln, schafft Shakespeare in seiner Fantasie ein Bild, bei dem Hamlet und Polonius gemeinsam die Wolken betrachten. Diese Wolken formen selbst Strukturen, die zu Bildern werden können, wovon eines dem Betrachter Hamlet als Wiesel in seiner Vorstellung erscheint. Diese aufgenommene Information gibt er an Polonius weiter, indem er sie in Worte „codiert“ und als „Methinks it is like a weasel“ ausspricht, nachdem Polonius vorher den gleichen Prozess durchgemacht hat und die Wolkenformation mit einem Kamel assoziierte.

Den gesamten Sachverhalt, den Shakespeare ausgehend von Information des dänischen Historikers Saxo Grammaticus in seiner Fantasie produziert hat, will er nun selbst Dritten vermitteln. In dieser Absicht kodiert er die Information als englische Worte in Form von Buchstaben, die sich als Zeichenstruktur in seinem Werk Hamlet finden lassen. Aber diese Zeichenstruktur vermittelt außer der reinen Information: „Ich glaube sie sieht wie ein Wiesel aus“ viel mehr, wie Gefühle, Stimmung oder Zeitgeist, was die erklärte Absicht von Shakespeare war. Dawkins Weasel und Shakespeare produzieren die gleiche Zeichenstruktur auf völlig unterschiedliche Art und mit völlig unterschiedlichen Fitnessfunktionen. Wie kann es möglich sein, dass zwei völlig unterschiedliche Systeme, eines mit Intelligenz und eines ohne, das eine mit der Absicht Information an Dritte zu vermitteln, das andere ohne jede Absicht, in zwei unterschiedlichen sich offensichtlich überschneidenden Organisationsräumen mit völlig unterschiedlichen Maßstäben und Fitnessfunktionen, das gleiche Ergebnis produzieren können?

Die vorläufige Antwort, die Weasel 1.0 bis 3.0 liefern kann, bis jemand Weasel 4.0 oder größer präsentiert, gibt ein drittes Zauberwort: „Intelligenz“. Weasel 1.0 bis 3.0 konnten die zufälligen Variationen mittels einer Fitnessfunktion (siehe SUBPROCEDURE BEWERTUNG) zum Ziel steuern. Das Programm ist dumm und funktioniert rein mechanistisch. Die Mutationen erfolgen rein zufällig. Aber in die Fitnessfunktion ist Shakespeares Intelligenz in Form des von ihm formulierten Satzes „METHINKS IT IS LIKE A WEASEL“ eingebracht und die Intelligenz des Programmierers, der die Variationen mit dem Zielsatz vergleicht und Punkte für die Treffer vergibt.

Also warten wir auf Weasel 4.0, das den Satz METHINKS IT IS LIKE A WEASEL nicht mehr enthält und ohne die Hilfe von einer Millionen Supercomputern und ohne astronomisch lange Laufzeiten, wie sie der ewig tippende Affe benötigen würde, das Resultat präsentieren kann, während wir vor dem Bildschirm sitzen und warten.

Dies wäre dann die Antwort auf die alles entscheidende Frage: Kann die Natur die Information wie METHINKS IT IS LIKE A WEASEL und anschließend Shakespeares Werke aus dem Nichts ohne Hilfe von Intelligenz neu produzieren, oder benötigt sie dazu bereits existierende Information von innen oder von außen?

Der blinde Uhrmacher sagte, er sähe es gern!

### *Struktur, Information und Intelligenz*

Eine der entscheidenden Fragen zu Darwins oder Dawkins Erklärungsmodellen zur Evolutionstheorie und der Entwicklung der Rassen und Arten ist die Frage, ob der Zuwachs oder die Veränderung der Information zur Formgebung des neuen Individuums allein durch zufällige Variation und natürliche Selektion zustande gekommen ist oder zustande kommen konnte. Eine alternative Erklärung wäre, dass die Information bereits von Anfang an vorhanden war bzw. von außen hinzugefügt wurde. Als dritte Alternative dazu existiert die Hypothese, dass für die Schaffung neuer Information Intelligenz erforderlich ist. Der Ansatz, Intelligenz in die Diskussion mit einzubringen, soll nicht direkt als plumper Versuch verstanden werden, auf diese Weise einen schöpferischen Gott zu postulieren. Intelligenz im evolutionären Prozess kann verschiedene Quellen haben. Es kann die Intelligenz eines Züchters sein, die eigene Intelligenz des sich entwickelnden Individuums, die Intelligenz der Art, eine von außerhalb kontrollierende Intelligenz oder die Intelligenz von Lebewesen aus der Vergangenheit oder der Zukunft, denn die Maxwellschen Gleichungen lassen im Rahmen der geltenden physikalischen Gesetze auch diese Alternative als wissenschaftlich zu.

Zum genaueren Verständnis müssen wir uns als erstes mit der Frage beschäftigen: Was genau ist eigentlich Information, wo kommt Information her, und welche Wege nimmt sie? Das Wort Information enthält bereits die Worte „in“ und „Form“. Also ist Information etwas, was etwas über die Form oder Gestalt eines Objektes aussagt, eine Form, die es bereits hat, oder in die es gebracht werden soll. Eine Form erkennt man an ihrer Struktur.

Auf diese Art und Weise wurde ein sehr eng gefasster Begriff, der aus der Signaltechnik stammt, in vielen Bereichen zur Definition von Information.

Es gibt strukturlose Objekte die völlig gleichförmig sind wie ein unbeschriebenes Blatt Papier, eine weiße Wand, die völlig glatte Oberfläche eines Gewässers oder das weiße Rauschen in einem Radio oder Fernsehgerät. Alle Elemente, die zu einer Struktur beitragen



könnten, sind völlig gleichmäßig verteilt. Jede Abweichung von dieser gleichmäßigen Verteilung bildet eine erkennbare Struktur. Eine solche wird nach der Signaltheorie bereits als Information bezeichnet. Dabei ist es völlig unerheblich, ob auf einem weißen Blatt Papier geschrieben steht „Bin um 15 Uhr wieder zurück“ oder ob jemand einen braunen Rand von seiner Kaffeetasse auf dem Papier hinterlassen hat.

Eine solch weitreichende Begriffsdefinition von Information stiftet jedoch immer wieder Verwirrung, sodass es sinnvoll ist, in diesem Buch verschiedene Arten von Information und deren Unterschiede genauer zu definieren.

Auf der einen Seite haben wir eine Struktur, die Information enthält, die wir im Folgenden strukturelle Information nennen wollen. Strukturelle Information sagt ganz direkt etwas über das strukturierte Objekt aus, z.B.: Zwei Meter vor mir liegt ein grauer Stein von etwa einem Meter Durchmesser, oder auf dem weißen Blatt Papier ist ein kleiner schwarzer Fleck in der linken oberen Ecke.

Solche primäre Information, die von uns gesammelt wird, damit wir uns in unserer Umwelt orientieren können, ist einfach Bestandteil der Objekte. Damit haben wir die Möglichkeit dem Stein auszuweichen, indem wir einen Schritt zur Seite machen.

Neben dieser Art von Information gibt es die Kommunikation, bei der ein Objekt oder Individuum gezielt Information an ein oder mehrere andere Objekte oder Individuen weitergibt. Die Information, die gezielt weitergegeben werden soll, wird dabei in die strukturelle Information, die von anderen Objekten oder Individuen gesammelt wird, hineinkodiert. So geben Tiere wie Wespen, Hornissen oder der Feuersalamander durch ihre markante schwarz gelbe Struktur ein Warnsignal an den Empfänger der Information: Achtung! Giftig! Gefährlich! Lass mich in Frieden! Schwarz und gelb sind die Farben, die nebeneinander den größten möglichen Kontrast erzielen. Auch in die folgende schöne Struktur ist eine weitere Information hineincodiert: ... \_ \_ \_ ... Aber nur wer den Code kennt erhält neben der primären Information „drei Punkte, drei Striche, drei Punkte“ die eigentliche Bedeutung der Information. Wer mit dem alten Morsecode vertraut ist weiß, dass dreimal kurz, dreimal lang, dreimal kurz für die Buchstaben SOS steht. SOS ist wiederum eine Abkürzung für die englischen Worte save our souls. Nach internationaler Übereinkunft ist dies der allgemeine standardisierte Hilferuf für in Seenot geratene Schiffe. Für denjenigen, der den Code nicht kennt, sind es nur uninteressante Punkte und Striche, denen man kaum mehr Aufmerksamkeit schenkt. Wir wollen solche Information im Folgenden als Information mit Bedeutung bezeichnen im Unterschied zu struktureller Information.

Der Begriff Information wird in vielen wissenschaftlichen Bereichen verwendet. Das gilt selbstverständlich auch für die Biologie bzw. die Mikrobiologie. Auch hier spricht man von Strukturen, wie den DNA Strukturen und einem genetischen Code, der in diese DNA Strukturen hineincodiert ist.

Gerade in diesem Bereich legt man ganz besonderen Wert darauf, dass mit dem wissenschaftlichen Begriff Information rein strukturelle Information gemeint ist, die nicht automatisch eine Bedeutung enthält, die von einer Intelligenz hineincodiert wurde oder herauscodiert werden kann. Außerdem geht man davon aus, dass die Struktur oder der in sie eingebettete Code kein bestimmtes Ziel oder Zweck verfolgt.

Man möchte die Biologie mit der Entstehung und der Entwicklung des Lebens als reine Naturwissenschaft hantieren, indem man sie wie die Naturwissenschaften auf rein physikalisch-chemische Art und Weise erklären will. Deshalb hält man Intelligenz oder einen intelligenten Beobachter unbedingt außerhalb seiner Erklärungsmodelle. Da Begriffe wie Bedeutung, Ziel und Zweck von Information mit Intelligenz verbunden werden, muss die Information nach eigener Definition frei von solchen Eigenschaften sein, was sie auf strukturelle Information einschränkt.

Man bezieht die Position, dass die Natur zwar Intelligenz hervorbringen kann, Intelligenz für die Evolution oder die Natur aber nur eine unerhebliche Rolle spielt. Damit ist es innerhalb des Erklärungsmodells für die Proteinsynthese zwar erlaubt zu sagen, dass die DNA Struktur abgelesen und in eine Kette von Aminosäuren übertragen wird, die die Proteinstruktur bildet. Es wird jedoch als unwissenschaftlich angesehen, zu erklären, dass in die DNA ein Bauplan hineincodiert ist, mit dessen Hilfe der Aufbau der Organismen erfolgt. Eine solche Erklärung rief automatisch die Frage nach dem Designer des Bauplans auf den Plan, womit Kreationisten, Vitalisten oder Vertreter für Intelligent Design Argumente anführen könnten, die dann nicht mehr als unwissenschaftlich abgewiesen werden dürften.

Dieser Ansatz ist schon recht alt. Er wurde von Thomas Huxley aus dem Newtonschen mechanistischen Weltbild abgeleitet, indem er dieses auf die Biologie übertrug. Huxley drückte das in seinem Buch „Hardwicke's Science Gossip“ etwa so aus:

„Die Zoologie betrachtet physisch den Tierkörper als Maschine, der von bestimmten Kräften angetrieben eine bestimmte Arbeit verrichtet, welche mit den Naturgesetzen ausgedrückt werden kann. Das höchste Ziel der Physiologie ist es, alle morphologischen und ökologischen Fakten aus den molekularen Kräften abzuleiten.“

Dieser Ansatz wurde zum Leitmotiv der biologischen Forschung.

Damit sind nun auch für die Biologie nur rein physikalische und chemische Kräfte für ein Erklärungsmodell, das als naturwissenschaftlich bezeichnet werden darf, zugelassen.

Intelligenz, Design, auf ein Ziel ausgerichtete Prozesse oder die Verfolgung eines Zweckes gehören nicht in den Bereich der Naturwissenschaften. Hierzu bieten unsere Universitäten eine ganze Reihe anderer Studienzweige an: die Ingenieurwissenschaften.

Noch weiter von den Naturwissenschaften entfernen wir uns, wenn wir Begriffe wie Geist, Bewusstsein, Fantasie, Kreativität und ähnliches in die Diskussion bringen. Hier begeben wir uns in den Bereich der Geisteswissenschaften, die im anglo – amerikanischen Raum überhaupt nicht mehr unter den Begriff „Science“ fallen, der üblicherweise mit Wissenschaft übersetzt wird.

An dieser Stelle zeigt sich allerdings ganz deutlich der Riss zwischen geltenden Paradigmen und Gegenhypothesen, die als Pseudowissenschaft abgelehnt werden. Durch die für die Naturwissenschaft geltenden Restriktionen werden Faktoren wie Intelligenz oder Bedeutung, Ziel und Zweck von Information ausgeschlossen. Ein Blick auf die von menschlicher Intelligenz stark geprägte Umwelt könnte jedoch den Schluss nahelegen, dass diese Restriktionen ein wenig zu scharf formuliert worden sind und das Blickfeld der Wissenschaft unnötig einengen.

Wir wollen in den folgenden Kapiteln zum besseren Verständnis mit beiden Informationsbegriffen arbeiten und die Erklärungsmodelle, die auf der jeweiligen Definition aufbauen, einander gegenüberstellen. Außerdem sollen die Möglichkeiten diskutiert werden, alternative oder sogar bessere Erklärungen für gewisse Bereiche, die mit der offiziellen Lehre nur lückenhaft erklärt werden können, zu finden, indem die Möglichkeit von Intelligenz und Information mit Bedeutung ins Spiel gebracht wird.

Die naturwissenschaftlich anerkannte Position zur Evolution baut auf Darwins Mechanismus auf. Durch Erkenntnisse aus der Mikrobiologie, die Darwin zu seiner Zeit noch gar nicht zur Verfügung standen, kann Darwins Erklärungsmodell in modernerer und detaillierter Form neu gefasst werden, was im so genannten Neodarwinismus getan wird.

Merkmale und Eigenschaften können nach Darwin an die nächste Generation weitergegeben d.h. vererbt werden. Heute wissen wir sogar wie. Vereinfacht ausgedrückt erfolgt die Weitergabe der Erbinformation auf folgende Art und Weise: Die Erbinformation ist in Form von Genen als Abschnitte einer DNA Struktur in jeder Zelle vorhanden. Solche DNA Strukturen sind in Proteine verpackt als Chromosomen im Zellkern eingelagert. Durch die Vereinigung von Ei- und Samenzellen werden die Chromosomen beider Elternteile rekombiniert und die Gene an die wachsenden Embryos, aus dem sich die Nachkommen

entwickeln, weitergegeben. Durch Zellteilung findet sich die gesamte Erbinformation in jeder Zelle. Die in der DNA als Gene gespeicherte Erbinformation wird mittels der RNA abgelesen und in Aminosäureketten umkodiert, aus denen sich die unterschiedlichsten Proteine zusammensetzen. Aus der gebildeten unterschiedlichen Art und Anzahl der Proteine bilden sich die Organe und letztendlich die Gestalt des Individuums.

Eine Weiterentwicklung innerhalb der Art, zu einer neuen Rasse oder gar einer neuen Art erfolgt laut Darwins Mechanismus durch zufällige Variation und anschließende natürliche Selektion eines Individuums. Die Mikrobiologie liefert nun auch die Erklärung, wie solche Variationen ausgelöst werden können. Es könnte z.B. zu Kopierfehlern, der DNA bei der Zellteilung kommen, aber auch eine Schädigung der DNA käme in Frage. Man kann eine ganze Reihe von Möglichkeiten, die zu Schädigungen der DNA führen können, entdecken. Hierzu zählen Strahlung, wie die ganz normale Höhenstrahlung aus dem Weltraum oder radioaktive Strahlung aus unterschiedlichen natürlichen oder künstlichen Quellen. Weiterhin sind chemische Ursachen bekannt. Die Contergankatastrophe, die zu einer Vielzahl von Missbildungen bei Kindern führte, ist ein deutliches Beispiel. Als weitere Ursache sind große Hitze und neuerdings auch extremer Stress identifiziert worden.

All diese Ursachen können zu einer Veränderung der DNA Struktur führen, die über eine veränderte Proteinsynthese zu einer Variation des Individuums führt. Ganz wichtig ist jedoch, dass all diese Variationen rein zufällig erfolgen und nicht gezielt und zu einem bestimmten Zweck hineinkodiert werden.

Wenn diese Veränderungen einen positiven Effekt für die Überlebensfähigkeit und Reproduktionsfähigkeit des Individuums haben, so werden sie Dank der natürlichen Selektion bevorzugt an die nächsten Generationen weitervererbt und damit weiter verbreitet. Negative Veränderungen, die sich nicht bewähren, werden eliminiert.

Dies ist der einzige natürliche Informationsfluss, den die Naturwissenschaften zwischen den Generationen kennen und in der wissenschaftlichen Diskussion zulassen. Andere Informationsquellen und Informationswege, die zusätzlich an der Entwicklung eines Individuums beteiligt sein könnten, existieren innerhalb der geltenden Paradigmen nicht. Das Gleiche gilt für die Veränderung von Erbinformation, für die allein der Zufall eine zulässige Lösung ist.

Sämtliche Vorschläge basieren auf physikalisch chemischen Veränderungen in kleinen Schritten, die dem Individuum einen gewissen Vorteil beim Überleben und bei der Reproduktion verschaffen. Solche kleinen Veränderungen bestehen im Prinzip daraus, dass sich ein kleiner Teil des Organismus vergrößert, verkleinert, verdoppelt oder seine Form und

sein Aussehen etwas verändert. Diese setzen sich durch, wenn die Veränderung für die Überlebens- und Reproduktionsmöglichkeiten einen Vorteil bedeutet.

Neben den geltenden Paradigmen, die nur die Rahmenbedingungen der Physik und Chemie akzeptieren, gibt es aber auch noch alternative Vorschläge, die sich an diese Rahmenbedingungen halten, aber (noch?) nicht in die offizielle Lehre aufgenommen wurden. Hierzu zählt besonders die Evolution aus dem Weltall, die von Fred Hoyle und Chandra Wickramasinghe vorgeschlagen wurde. Wir werden hierauf noch näher eingehen.

Wer sich aber nicht allein an die physikalisch chemischen Prozesse gebunden sieht, dem fallen leicht andere Informationswege für die Verbesserung der Überlebens- und Reproduktionschancen ein. Dazu braucht er sich gar nicht in religiöse, esoterische oder philosophische Bereiche entfernen. Allein die Erweiterung des zulässigen Bereiches unter Einbeziehung von Intelligenz auf die Ingenieurwissenschaften zeigt deutlich andere Lösungswege auf.

Ein Informationsgewinn, der Vorteile produziert, kann so auf andere Weise als durch zufällige Mutation der DNA Struktur erfolgen.

Wenn die Firma Monsanto Mais, Zuckerrüben und anderen Nutzpflanzen fremde Gene in deren DNA Sequenzen hineinmanipuliert, die eine Resistenz gegen Monsantos Unkrautvernichtungsmittel Round Up haben, so setzen sich diese Varianten auf dem Markt und damit in der Umwelt immer weiter durch. Aber es bedarf gar nicht solcher extremer Beispiele für zusätzliche Information, die die Evolution steuern kann.

Es ist häufig zu beobachten, dass die Kinder bekannter Sportler, z.B. von olympischen Medaillengewinnern, wieder gute und bekannte Sportler werden. Die Skiläufer bieten eine ganze Reihe von Beispielen hierfür. Wer nun meint, dass diese Kinder aufgrund der Gene ihrer Eltern einen Vorteil im Wettbewerb erzielen, mag in gewissem Umfang Recht haben.

Eine andere Erklärung ist doch wesentlich wahrscheinlicher: Die Eltern wecken das Interesse der Kinder an ihrer Sportart und geben ihre Erfahrung durch Rat und Training direkt an ihre Kinder weiter, indem sie ihnen ihre Tricks verraten und Verhaltensregeln beibringen, die die Kinder nachahmen.

Kommunizierte Information von anderen Individuen kann wesentliche Konkurrenzvorteile verschaffen, die physische Vorteile anderer leicht wettmachen. Wer eine Ausbildung in einer Kampfsportart erhält, macht damit die mögliche physische Überlegenheit eines Gegners

spielend wett. Wer ein Pilzbuch liest, hat möglicherweise bessere Überlebenschancen als jemand, der durch zufällige Mutation immun gegen das Gift von Fliegenpilzen wäre.

Begibt man sich auf das geistige Niveau, so zeigen sich weitere Möglichkeiten, die Überlebensfähigkeit zu steigern. Der Geist einer Solidargemeinschaft wie einer Familie, eines Dorfes, einer Gemeinschaft von Anhängern einer Ideologie oder Religion, kümmert sich und hilft den Schwächeren und verbessert so nicht nur die Chancen der Gruppe, sondern gleichzeitig jedes einzelnen Individuums, das der Gruppe angehört.

Eine Idee oder Erkenntnis kann genauso viel für das Überleben bedeuten, wie die physische Verbesserung einer körperlichen Funktion. Ein Geier, der aus Versehen aus großer Höhe einen Knochen auf einen Felsen hat fallen lassen, stellt fest dass der Knochen dadurch aufbricht und er so leichter an das Mark gelangt. Wenn er sich dies, wie es gewisse iberische Geier in den Pyrenäen tun, zu Nutze macht, indem er Knochen gezielt auf Felsen fallen lässt, so hat er dadurch einen Vorteil erzielt. Dieser kann dann vielleicht etwas längere Krallen oder ein paar Zentimeter Spannweite der Konkurrenz wieder ausgleichen. Die Intelligenz, die zu dieser Erkenntnis geführt hat, wird nur einmal benötigt um später immer wieder eine intelligente Handlung, das Aufschlagen der Knochen, durchzuführen. Durch Nachahmung der Eltern oder anderer Mitglieder einer Gruppe kann auch diese Information direkt an andere Individuen und die nächste Generation weitergegeben werden.

Der Mensch selbst ist das krasseste Beispiel für solche Wege der Evolution. Der Mensch geht soweit, dass er sich nicht mehr durch Steigerung seiner persönlichen Fitness an die Veränderungen der Umwelt anpasst, sondern er benutzt seine Intelligenz um die Umwelt an seine Bedürfnisse anzupassen. Kranke Individuen, die normalerweise bei durch genetisch bedingte Defekte ausgelösten Krankheiten der natürlichen Auslese anheimgefallen wären, nehmen Medizin, um die Krankheit in Schach zu halten und vererben diese Defekte sogar weiter an die nächste Generation. Andere bestellen den Pizzaservice, wenn sie die nötige Energie nicht aufbringen, sich eine Mahlzeit zu besorgen oder zuzubereiten. Wenn helle blonde Haare die Attraktivität und damit, um es im Sinne der Evolution auszudrücken, die Reproduktionschancen erhöhen, so setzen sich heutzutage nicht unbedingt diejenigen durch, die blonde Haare geerbt haben, sondern diejenigen, die so intelligent sind, wenn sie es nötig haben, sich ihre Haare zu färben.

Wie wir anhand dieser kurzen Aufzählung von einigen möglichen Alternativen zur zufälligen Mutation sehen konnten, existieren eine Vielzahl alternativer Wege, einem Individuum Informationen zukommen zu lassen, die bei der natürlichen Selektion einen Vorteil bringen. Sobald wir uns in den Bereich der Ingenieurwissenschaften begeben oder in den Bereich der

Geisteswissenschaften, entdecken wir plötzlich eine Vielzahl von Alternativen. Es ist überhaupt nicht erforderlich, sich in den Bereich des so genannten Unwissenschaftlichen, wie der Religion oder Magie zu begeben, um alternative Wege zur zufälligen Variation, der ersten Hälfte von Darwins Mechanismus, zu entdecken. Wichtig ist jedoch die Erkenntnis, dass die zweite Hälfte von Darwins Mechanismus auch für diese alternativen Wege greift. Die natürliche Selektion macht nämlich keinen Unterschied, durch welche Art von Information die Überlebensfähigkeit gesteigert wird und auf welchem Weg diese entstanden ist. Wer also jeden alternativen Vorschlag gleich als unwissenschaftlich ablehnt, weil er nicht in den zulässigen Bereich der Physik und Chemie passt, sieht nicht, dass direkt neben Physik und Chemie noch die Ingenieurwissenschaften und Geisteswissenschaften angesiedelt sind und diese eine Wechselwirkung mit dem naturwissenschaftlich abgegrenzten Lösungsbereich haben. Dies bedeutet keinesfalls, dass man den wissenschaftlich erforschten Bereich verlässt und sich in den Bereich der Spekulation, Magie oder Religion begibt. Neue Hypothesen dieser Art werden jedoch trotzdem gern mit dem Argument der Unwissenschaftlichkeit zurückgewiesen.

Aber in vielen Fällen verlässt die Kontroverse an dieser Stelle leider eine sachliche Diskussion, und man geht dazu über, den Gegner auf andere Weise zu attackieren. Hierzu findet dann häufig zur Verteidigung der naturwissenschaftlichen Position die Demontage des Gegners statt, indem man den Trick der Demontage eines Strohmanns anwendet. Die Demontage eines Strohmanns besteht darin, dass man sich den schwächsten Gegner aussucht, den man dann besonders wirksam für sein Publikum zerlegt. Hier ist die religiöse Position das geeignete Opfer. Darwins Mechanismus steht offensichtlich im direkten Gegensatz zu der vorher geltenden religiösen Position, dass die Lebewesen von Gott geschaffen wurden, so wie sie sind. Wer nun eine andere Position als die der Darwinisten versucht einzunehmen, wird gern in die fundamentalistische religiöse Ecke gestellt, und man unterstellt ihm, die religiöse Position in verkappter Form neu etablieren zu wollen. Da es genug Indizien dafür gibt, dass Darwins Mechanismus der Evolution funktioniert und Realität ist, ist die klassische Position, dass alles so wie es ist geschaffen wurde und sich seitdem nicht verändert hat, nicht mehr haltbar. Das reicht aber nicht zur vollständigen Demontage des Gegners. Man greift nun die Verfehlungen der Kirche auf, von den Kreuzzügen, der Inquisition und Hexenverbrennung bis zu pedophilen Priestern in unseren Tagen für die Diskussion auf.

Damit ist die Glaubwürdigkeit des Strohmanns zerstört und in der allgemeinen Empörung übersieht man, dass der eigentliche Gegner wenig mit der fundamentalistischen religiösen Position gemeinsam hat und sich immer noch im wissenschaftlichen Bereich bewegt.

Machen Sie sich den Spaß und verfolgen Sie die Internetforen zu den entsprechenden Themen von z.B. dem Spiegel oder des Sterns, so finden Sie dieses Schema bereits nach wenigen Einlagen und dann immer und immer wieder.

### *Was die alten Griechen wussten*

Aber auf welchem Niveau lässt sich dann eine unvoreingenommene Diskussion führen? Bevor die religiösen Dogmen des Mittelalters die Rahmenbedingungen festlegten, die später durch die aktuellen ersetzt wurden, gab es ja bereits das Weltbild der Antike. Wenn man dieses etwas genauer betrachtet, so finden sich hier Lösungsansätze, die auch die aktuelle Diskussion weiterbringen könnten. Schon Aristoteles kannte die Beziehungen zwischen Materie und Information. Für ihn war Materie etwas Passives, das zu Strukturen arrangiert werden musste. Dagegen war die Information die aktive Komponente, die die Strukturen aufbaute.

Was für uns jedoch wesentlich interessanter ist, ist die Tatsache, dass Aristoteles und seine Zeitgenossen eine genau definierte Vorstellung von dem hatten, was natürlich und was künstlich ist.

Künstlich bedeutet offensichtlich dass ein intelligentes Individuum etwas plant oder entwirft und dann dieses Design in eine Struktur von Materie überträgt.

Nach den Definitionen der Naturwissenschaften sind für natürliche Prozesse, die Struktur in Materie bringen, jedoch nur der Zufall oder die zwingende Notwendigkeit einer Kausalkette physischer oder chemischer Reaktionen zugelassen, die den Naturgesetzen folgen. Wer nun aber meint, dass die Natur deswegen keine Zielrichtung kennt oder kennen darf, wie eine Intelligenz, die Materie formt, der irrt sich deutlich.

Diese Aussage mag zwar für die Evolution gelten, aber nicht für die Natur im Allgemeinen. Bei der Entwicklung eines Lebewesens greift die Natur auf die von vorherigen Generationen gleicher Individuen ererbte Information zu und verwendet diese zielgerichtet zum Aufbau einer festgelegten, für die Art des Individuums charakteristische Form und Struktur.

Der kleine Birkensamen, der auf meinem Notizblock landet, während ich in meinem Garten an diesem Manuskript arbeite, ist kleiner als ein Stecknadelkopf. Aber er enthält eine unglaubliche Menge an Information, die dazu geeignet ist, eine der riesigen Birken unter denen ich sitze zu produzieren. Auch hier kann die Natur diese Information zielgerichtet verwenden, um Materie so zu strukturieren, dass eine solche große Birke entsteht.



Aber wo liegt dann der Unterschied? Für Aristoteles und die alten Griechen gab es zunächst keinen, da für sie die Information, die in dem Birkensamen aufbewahrt war, von Anfang an von den Göttern dort hineinfabriziert worden war. Ob Künstler, Architekt, Designer oder Gott, alle hatten die Rolle des intelligenten Individuums, das das zu strukturierende Objekt geplant hatte.

Nun wissen wir aber, dass Darwin ein Erklärungsmodell und einen Mechanismus gefunden hat, der diese planende Intelligenz nicht benötigt. Also womit können die alten Griechen dann noch beitragen? Sollten wir dann nicht einfach die Wissenschaft der Antike zusammen mit der Wissenschaft des Mittelalters im gleichen Ordner unter E wie erledigt abheften?

Noch nicht ganz! Aristoteles kannte da noch einen entscheidenden Unterschied, den wir uns in der weiteren Diskussion zu Nutze machen sollten. Mein Schreibtisch Modell Malmö ist aus Birkenholz gebaut. Wenn wir den Informationsfluss, der die Struktur des Schreibtisches entstehen lässt, im Detail ausgehend von unserem Birkensamen verfolgen, so entdecken wir, dass die gesamte Information, eine Birke wachsen zu lassen, von innen heraus aus dem Samenkorn, also der Materie selbst kommt. Dahingegen enthält das Samenkorn keine Information dazu, wie die Birke anschließend zu meinem Schreibtisch Malmö werden soll. Diese Information muss von außen her der Materie „Birke“ zugeführt werden. Hierzu hat ein Möbeldesigner, der eine externe Intelligenz repräsentiert, einen genauen Plan erstellt, der die Birke in einer Reihe von Arbeitsschritten wie fällen, sägen, zurechtschneiden, montieren, lackieren in den Schreibtisch Malmö transformiert.

Das Wort natürlich bedeutet dementsprechend, dass die Natur Strukturen aufbaut anhand von Information, die selbst Bestandteil des Objektes ist.

Entsprechend bedeutet künstlich, dass die Information, die die Struktur eines Objektes formt von außerhalb, zugeführt wird.

Künstlich erfordert dabei eine äußere planende Intelligenz, natürlich kommt ohne diese aus.

Das Ganze ist jetzt leicht auch für uns als Kriterium anwendbar.

Der Salatkopf, den ich heute als Beilage zum Mittagessen hatte, erhielt seine Form einzig und allein aus sich selbst heraus und ist damit ein natürliches Produkt. Die Information, die die berühmte Marmorstatue des David in Florenz formte, war nicht Bestandteil des Marmorblocks, sondern wurde vom Künstler Michelangelo von außen zugeführt. Offensichtlich brauchte er dabei nicht einmal Materie hinzuzufügen, sondern er musste die Materie des Marmorblockes entfernen, die nicht zu seinem Bild des David gehörte.

Die Anwendbarkeit dieses alten antiken Kriteriums lässt sich an vielen Objekten testen. Aber schnell tauchen in diesem Zusammenhang Fragen auf, die zunächst nicht so einfach geklärt werden können. Das Vermögen, Sätze wie Shakespeares „Methinks it looks like a weasel“ zu formen, ist es eine interne Eigenschaft des Alphabets und der Buchstaben oder benötigt man eine Information von außerhalb? Kann man durch das Schütteln einer Kiste mit Bauteilen alter Uhren eine Uhr produzieren (indem man den blinden Uhrmacher schütteln lässt) oder braucht man dazu einen Bauplan, den man gezielt verfolgt, der von einer Intelligenz außerhalb erstellt wurde?

Schließlich landen wir so bei der entscheidenden Frage: Sitzt die Information und damit die Fähigkeit Leben zu erzeugen in der Materie aus der sich Leben aufbaut, oder muss zusätzlich Information von außerhalb dieser Materie zugeführt werden?

Die offizielle Lehre sagt ja, die in dieser Materie enthaltene Information ist ausreichend, Leben zu produzieren. Weitere Information von außen ist nicht erforderlich, sondern kann auch anhand zufälliger Variationen und natürlicher Selektion aus vorhandener Information produziert werden. Positionen die anderer Meinung sind, wie der Vitalismus, der ein organisierendes Prinzip sieht, dass von außerhalb Einfluss auf die Struktur der lebenden Materie nimmt, oder Rupert Sheldrakes Theorie des morphogenetischen Feldes, bei der ein Feld, das den physikalischen Gesetzen unterliegt, den Aufbau lebender Strukturen über die internen Prozesse hinaus beeinflusst, behaupten etwas anders. Das gleiche gilt für die Position von Intelligent Design, dass davon ausgeht, dass für die Entstehung und Evolution des Lebens Information von außen, von einer Intelligenz zugeführt werden muss.

Wenn man die große Streitfrage zur Evolution aus dieser Warte betrachtet, so entdeckt man direkt, dass die Verteidiger der offiziellen Lehrmeinung an einer völlig falschen Front Position bezogen haben. Es geht gar nicht darum, Darwins Erklärungsmodell gegen das Dogma religiöser Fundamentalisten zu verteidigen, die immer noch behaupten, wie zum Beispiel die Zeugen Jehovas, dass die Lebewesen, so wie sie sind, von Gott geschaffen wurden und sich seitdem nicht verändert haben. Für die Verteidigung dieser Position gibt es genügend Belege, die die Beobachtung der Wirklichkeit liefert. Die Verteidigung muss an der Linie aufgebaut werden, an der behauptet wird, dass sich das Leben allein aus der Information formen konnte, die bereits in der Materie vorhanden war, während die andere Seite die Position bezogen hat, dass zusätzlich zu dieser Information weitere Information von außen erforderlich ist, damit Leben entstehen kann. Woher diese Information von außen kommt ist dabei zunächst unerheblich.

Um den Einfluss von Information auf das Leben genauer beurteilen zu können, wollen wir im Folgenden eine detaillierte Analyse durchführen, die aufzeigt wie Information entsteht, wie sie von einem Individuum aufgenommen und verarbeitet wird, welche Wege sie nimmt und welchen Einfluss sie hat. Um den Unterschied zwischen struktureller Information und Information mit Bedeutung und Zweck zu verdeutlichen, wollen wir Huxleys lebende Maschine entwickeln und anhand dieser zeigen, wie sie auf Information reagiert und diese verwendet. Wenn wir an deren physikalische Grenzen stoßen, werden wir gezielt Erweiterungen dieser Maschine vornehmen, die Intelligenz der Maschine selbst oder Intelligenz von außen voraussetzen.

Das Erklärungsmodell, das hierbei entsteht, kann uns dann die Schwachpunkte von existierenden Erklärungsmodellen zur Evolution aufzeigen und den Wert alternativer Erklärungsversuche besser beurteilen lassen.

### *Wie Information entsteht und welche Kommunikationswege sie nehmen kann*

Unterziehen wir im Folgenden die Entstehung von Information und den Informationsfluss, der Einfluss auf die Evolution nehmen könnte, einer genaueren Analyse. Halten wir dabei strukturelle Information und Information mit Bedeutung, Ziel und Zweck genauestens auseinander.

Wir wollen dabei den hypothetischen Versuch unternehmen, Huxleys Maschinenlebewesen, dass allein mit den Gesetzen der Physik und Chemie auskommen muss, im Modell zu konstruieren und anschließend der Intelligenz mittels der Ingenieurwissenschaften und Geisteswissenschaften die Türen öffnen, um dieses Lebewesen zu komplettieren.

Der Konstruktionsversuch erfolgt in drei Etappen, wobei die jeweils folgende auf dem Vorgänger aufbaut.

Wir beginnen mit Lebewesen bzw. Maschinen, die Steuer und Regelmechanismen besitzen. Diese werden anschließend mit Komponenten für ein phänomenales Bewusstsein erweitert und in der dritten Stufe durch ein gedankliches Bewusstsein komplettiert.

Um es hier gleich vorweg zu sagen: Dies ist die Sicht eines Systemanalytikers (Ingenieurwissenschaften) und nicht die eines Naturwissenschaftlers auf das „System Lebewesen“. Das Ergebnis dieser Analyse sollte dazu geeignet sein, Huxleys Maschinenlebewesen z.B. auf einem Computer zu konstruieren. Die verwendeten Begriffe wie Vorbewusstsein, Bewusstsein oder Denken gehören natürlich nicht dem Bereich Naturwissenschaften an, wie z.B. der in diesem Zusammenhang verwendete Begriff

Neuronenstruktur. Das Dilemma besteht darin, dass die Naturwissenschaft das, was hier in dieser Phase beschrieben wird, mit den Begriffen der Mathematik, Logik, Physik und Chemie noch nicht zufriedenstellend erklären kann. Das sollte uns aber nicht dazu verleiten, die Existenz von solchen Komponenten oder Funktionen in Frage zu stellen, besonders wenn das Resultat in der Realität beobachtbar und messbar ist.

Ziel dieser Analyse ist es, ein anderes Erklärungsmodell zu entwickeln, das die Wirklichkeit hinreichend genau beschreibt und aufgrund dessen, dass es sich nicht nur auf die reinen formalen und Naturwissenschaften beschränkt, möglicherweise Alternativen zu den naturwissenschaftlich anerkannten Lösungen skizzieren kann.

Wir wollen doch versuchen, uns strikt auf wissenschaftlichem Grund zu bewegen, wobei wir Ingenieurwissenschaften und Geisteswissenschaften zum zulässigen Bereich für ein Erklärungsmodell hinzunehmen.

Dahingegen sollen religiöse Ansichten oder Lösungsvorschläge, die in den Bereich von Magie, Science Fiction oder Esoterik gehören, für die Entwicklung des Erklärungsmodells ausgeschlossen bleiben.

Also holen Sie nicht gleich die Keule der Religionsgegner hervor, nur weil Begriffe und Erklärungen verwendet werden, die nicht aus Physik und Chemie stammen.

### *Informationsfluss in Steuer- und Regelmechanismen*

Wir wollen, wie im vorhergehenden Kapitel bereits angesprochen, zwischen interner Information, die ein Lebewesen bereits besitzt und externer Information unterscheiden, die dem Lebewesen von außen zugeführt wird oder die von außen empfangen werden kann.

Die Grundinformation, mit der ein Lebewesen von Anfang an ausgestattet ist, ist zunächst einmal die Information zur Entwicklung, Aufbau und Formgebung des Individuums selbst. Weiter ist alle Information vorhanden, die ein autonomes Nervensystem zur automatischen Kontrolle von Organen und Muskeln benötigt. Weiterhin besitzt ein Lebewesen von Anfang an die Information über eine Anzahl instinktiver Verhaltens- und Reaktionsweisen beim Eintreffen gewisser Ereignisse. All dies ist Information, die interne Steuer- und Regelmechanismen kontrolliert. Damit ein solcher Mechanismus eine steuernde Aktivität ausübt, ist zusätzliche Information erforderlich, über ein Ereignis, das eingetroffen ist, welches eine solche Aktivität erfordert.

Solche Information wird dem Lebewesen zum Zeitpunkt des Ereignisses zugeführt. Es kann sich hier um interne Information handeln wie „ich bin müde“ oder „ich habe Hunger“ aber

auch um externe Information wie „mir ist warm“ oder „gefährliches Objekt auf Kollisionskurs“. Wenn diese Information in der Vorstellung identifiziert wurde, löst sie einen chemischen oder elektrischen Reiz in dem Bereich des Gehirns aus, in dem die entsprechende Information zur Steuerung des geeigneten Steuer- und Regelmechanismus liegt. Dieser löst unmittelbar eine Aktivität aus wie z.B. Ausruhen, Kühlung durch Schweißausbruch, oder Ausweichen.

Um auf externe Information reagieren zu können, sind zusätzliche Komponenten erforderlich. Was unser Maschinenlebewesen braucht, ist die Möglichkeit Strukturen wahrnehmen zu können. Wir benötigen also einen Empfänger für strukturelle Information. Strukturen können auf verschiedene Art und Weise abgelesen oder vermittelt werden. Dies erfolgt entweder direkt, durch direkten Kontakt mit einer Struktur oder indirekt, durch Kontakt mittels einer anderen Struktur, vorwiegend in Form von ausgesendeten oder reflektierten Wellen, die die zu vermittelnde Struktur ablesen, d.h. in die andere Struktur abbilden. Da es verschiedene Arten von Strukturen und Wege der Informationsübermittlung gibt, können mehrere unterschiedliche Empfänger sinnvoll sein. Wir kennen alle unsere Sinne zur Wahrnehmung wie Hören, Sehen, Spüren, Schmecken oder Riechen.

Unser oder Huxleys Maschinenlebewesen muss also mit einer Anzahl unterschiedlicher Sensoren versehen sein, die Information anhand von Strukturen empfangen können. Diese empfangene Information stammt normalerweise nur aus einem Bereich, der für das Lebewesen bei seinem Kampf ums Dasein relevant ist. Es existieren aber Bereiche mit Information, die dem Lebewesen nicht mittels seiner Sensoren zugänglich sind. So empfängt der Mensch nur Wellen zwischen Violett und Rot. Wellen im ultravioletten oder infraroten Bereich werden nicht registriert. Der Lichtimpuls aus meiner Fernsehsteuerung für den Fernsehapparat wird zwar von Sensor meines Gerätes registriert, nicht aber von den Personen, die im Raum sitzen. Für Schallwellen gilt Ähnliches, wobei wir Wellen von 16 – 20 000 Hertz empfangen können. Mein Hund hört aber auch Frequenzen oberhalb von 20 000 Hertz, wie die Schreie der Fledermäuse.

Die empfangene Information wird in eine dem Lebewesen interne Struktur, wie die Neuronenstruktur des Gehirns, abgebildet und landet so in der Vorstellung des Lebewesens, d.h. es kann diese Information klassifizieren und in Klassen wie uninteressant, interessant oder wichtig einsortieren. Uninteressante Information wird nicht weiter verarbeitet. Interessante und wichtige Information landet in einer Art Vorbewusstsein und kann weitere Aktivitäten auslösen. Uninteressante Information kann sein, dass die Lufttemperatur normal ist, interessant kann sein, dass der Weg, auf dem ich gehe, in 20 Metern nach rechts führt. Wichtig kann sein, dass meine linke Hand soeben etwas sehr Heißes berührt. Nachdem

Information klassifiziert und identifiziert worden ist, muss auf jeden Fall auf die wichtige Information eine sofortige Reaktion erfolgen. Das bedeutet, dass für das obige Beispiel die Hand unmittelbar weggezogen werden muss, um sie aus dem heißen Bereich zu bringen. Hierzu besitzt das Lebewesen Instinkte oder die Maschine Mikroprogramme oder Regeltechnik, die vollautomatisch auf die Information „heiß“ reagieren und veranlassen, dass die Hand sofort weggezogen wird, wenn diese Art von Information identifiziert wird.

Die Information, dass „heiß“ an der unmittelbaren Außengrenze des Individuums gefährlich ist und dass der Bereich, der sich in der heißen Zone befindet, unmittelbar fortbewegt werden muss, muss von anderswo als den Sensoren herkommen. Wir haben es in diesem Fall zum einen mit der dem Individuum externen Information „heiß“ und mit der dem Individuum internen Information „wenn heiß, dann sofort wegziehen“ zu tun.

Wo aber kommt die interne Information her? Der Weg, den die Evolutionstheorie vorschlägt und aufgrund ihrer Selbstbeschränkung auf physikalische und chemische Vorgänge begrenzt, besagt, dass diese Information innerhalb der Art über die Generationen hinweg vererbt wird. Damit ist die Information „wenn heiß, dann sofort wegziehen“ auf evolutionärem Weg entstanden, da sie offensichtlich die Überlebensfähigkeit eines Individuums erheblich verbessert. Die Information hat das Lebewesen bereits von Geburt an in einem Teil seines Gehirns gespeichert. Beide Informationen „heiß“ und „wenn heiß dann sofort wegziehen“ können also sofort bereits von einem Neugeborenen Individuum benutzt werden, um automatisch eine sofortige Aktivität auszulösen, die das Überleben des Individuums sichern soll.

Diese Erklärung für ein solches Verhalten ist plausibel, und es wäre auch kein Problem Huxleys Maschine, die ein solches instinktives Verhalten aufweisen müsste, zu konstruieren. Wir haben es hier mit einem einfachen Steuer- und Regelmechanismus zu tun, wie er in vielen Maschinen verwendet wird. Man könnte sich ein Spielzeugauto mit einem Wärmesensor an der Vorderseite vorstellen. Es wäre kein Problem für einen Elektronikbastler, aus einer halben Hand voll Transistoren, Widerständen und Kondensatoren eine elektronische Schaltung zu bauen, die dadurch, dass der Wärmesensor seinen Widerstand bei hoher Temperatur verändert, einen Schaltvorgang einleitet, der das Modellauto zum unmittelbaren Rückwärtsfahren veranlasst.

Wir finden ebenso leicht Beispiele aus dem Bereich der Lebewesen, die mit solchen Mechanismen auskommen, wie ein Regenwurm, der im Dunkeln unmittelbar zurückweicht, wenn man ihn mit einer Taschenlampe anleuchtet.

Wir sollten jedoch unser Augenmerk einmal näher auf die Frage richten, wie diese interne Information „wenn heiß, dann sofort wegziehen“ entstehen konnte und ihren Weg zu den instinktiven Reaktionen gefunden hat.

Der nach der Evolutionstheorie anerkannte und einzige Weg ist offensichtlich: Zufällige Variation und natürliche Selektion haben dies zustande gebracht. Das mit der natürlichen Selektion ist leicht einzusehen, da eine instinktive Reaktion, die ein Individuum vor Verbrennungen schützen kann, für die Überlebensfähigkeit von Vorteil ist. Dass diese lebenswichtige Information aber durch Zufall, wie einem Kopierfehler der DNA bei der Zellteilung oder durch Schädigung der DNA durch radioaktive Strahlung entstanden sein soll, ist auch, aber schon schwerer zu verstehen. Was ist mit den Erfahrungen aller Vorfahren, die sich irgendwann einmal verbrannt hatten, und dadurch gelernt hatten, die Hände von heißen Objekten wegzuziehen? Nach der offiziellen Lehre ist ein Informationsfluss, der diese erworbene Information an die nächste Generation für das instinktive Verhalten weiterreicht, nicht vorgesehen. Das gilt für die direkten geschlechtlich Eltern aber auch für alle übrigen Individuen der gleichen Art.

Wie wir im Folgenden noch sehen werden, gibt es andere Wege, diese Information einem Individuum zu vermitteln. Dies erfordert einerseits die Erweiterung unseres Maschinenlebewesens mit weiteren Komponenten oder die Erweiterung unseres zulässigen Lösungsbereichen von Mathematik und Logik plus Physik und Chemie auf die Ingenieurwissenschaften und Geisteswissenschaften.

Aber werfen wird zum besseren Verständnis noch einen Blick auf die ererbte interne Information, die instinktives Verhalten kontrolliert. Auf der einen Seite sind es kurze einfache Reaktionen. Auf der anderen Seite finden wir aber auch komplexe Verhaltensmuster, von denen man als erstes erwarten würde, dass das Individuum sie als externe Information erworben und sich zu eigen gemacht hätte. So zeigt sich, dass die Fähigkeit einer Spinne, ein kompliziertes Spinnennetz zu weben, ererbt sein muss, da auch neugeborene Spinnen, die nie Kontakt zu anderen Artgenossen hatten, in der Lage sind solche Netze zu weben.

Ein anderes merkwürdiges Beispiel ist das Zugvogelverhalten von Kuckucken. Junge einjährige Kuckucke haben ihre Eltern nie kennengelernt. Trotzdem finden sich alle Jungkuckucke an Sammelpätzen ein, um gemeinsam in das seit ewigen Zeiten angestammte Winterlager abzufliegen. Wer jetzt aber meint, sie würden den erwachsenen Kuckucken einfach folgen, der irrt sich, denn die Erwachsenen fliegen erst einen Monat später als die Jungkuckucke ab.

Die einzig zulässige Erklärung, die die Evolutionstheorie zulässt, ist, dass die Jungkuckucke diese Information von ihren Vorfahren mittels der Gene ihrer Eltern ererbt haben und instinktiv im Herbst nach dieser Information handeln. Das ist schon erstaunlich. Was aber noch erstaunlicher ist, ist die Erklärung, wie diese Information entstanden ist. Die Erfahrung der Vorfahren bei der Wahl der optimalen Reiseroute und des am besten geeigneten Zielgebietes kann nicht die Erbinformation verändern und damit auf diese Weise weitergegeben werden. Die Erklärung die Darwins Mechanismus zulässt ist, dass zufällige Variationen die Koordinaten der Reiseroute und des Zielgebietes verändern können. Wer unbrauchbare Koordinaten erhält fällt der natürlichen Selektion zu Opfer, wenn er z.B. Kurs auf das offene Meer nimmt oder nach Norden fliegt. Wer bessere Koordinaten erhält, verbessert seine Überlebenschancen, kann die besseren Koordinaten an seinen Nachwuchs weiterreichen und damit die bessere Information in der Art verbreiten. Wir werden später die Frage stellen, ob nicht andere effektivere Informationswege existieren könnten, um dieses Resultat zu erreichen. Aber vorher wollen wir zunächst eine paar Erweiterungen mit neuen Komponenten unseres Maschinenlebewesens vornehmen. Das Leben selbst bietet nämlich sehr viel mehr als Steuer- und Regelmechanismen. Mit diesen hatte Huxleys Maschinenlebewesen nicht die geringsten Probleme, und es wird interessant wie Huxley sich auf der nächsten Ebene schlägt.

### *Informationsfluss in einem phänomenalen Bewusstsein*

Die Komponenten zur Erweiterung unseres Lebewesens werden als phänomenales Bewusstsein bezeichnet. Die empfangene und im Gehirn als Neuronenstruktur abgebildete Information wurde im oben beschriebenen Kapitel in etwas abgebildet, das wir Vorbewusstsein genannt hatten, wodurch die Möglichkeit entstand, auf die Information instinktiv zu reagieren.

In einem nächsten Schritt wird die Information aus dem Vorbewusstsein durch einen Prozess, den man als Denken bezeichnen könnte, in das Bewusstsein des Individuums überführt. Dies führt zu einem subjektiven Erleben des Ereignisses, das die Information produzierte. Dieses subjektive Erlebnis kann nun bewusst ein Verhalten bzw. eine Aktivität auslösen, wie z.B. dass man sich auf den Ort des Ereignisses zu bewegt oder von diesem entfernt. Die bewusste Information kann mittels einer angeborenen Merkfähigkeit oder Lernfähigkeit ins Gedächtnis überführt und gespeichert werden. Auf diese Weise steht dem Individuum dann neben der ererbten Information instinktiver Verhaltensweisen weitere Information zur Verfügung, die bewusstes aber auch instinktives Verhalten steuern kann.



Beides, mittels der Gene ererbte Information, aber nun auch eingelernte Information, können nun ein an die Umwelt angepasstes Verhalten beeinflussen. Dies gilt nicht nur für bewusstes Verhalten, sondern auch für instinktives Verhalten. So kann ein oder mehrere Auslöser für ein instinktives Verhalten eingelernt werden.

Dieses Phänomen nennt man Prägung. So haben Hühner oder Enten den Instinkt ihrer Mutter hinterherzulaufen. Wie aber weiß ein im Brutkasten geschlüpft Huhn, wer seine Mutter ist? Diese Information hat es natürlich nicht über die Gene geerbt, sondern muss sie bewusst erlernen. Dazu wählt es das erste sich bewegende Objekt, das es in seinem Bewusstsein erlebt. Diese Strategie hat sich in der Natur als sehr erfolgreich erwiesen und damit mittels der Evolution durchgesetzt. In einer drastisch veränderten Umwelt, in der es in einer Brutmaschine geboren wird, kann diese angeborene Strategie sehr nachteilig sein, da das Küken nun jedem Objekt wie einem Ball, einem Menschen oder sogar einem Fuchs permanent folgen würde, wenn dieses das Erste ist, was es erblickt. Die Prägung ist nur in einer kurzen Lebensphase möglich. Wenn die auslösende Information für ein lebenswichtiges instinktives Verhalten nicht erlebt wird, so hat das ebenfalls nachteilige Konsequenzen für die Überlebensfähigkeit des Individuums, unabhängig davon wie gut die Erbanlagen sind.

Wenn ich zum Beispiel mit meinem Hund im Wald spazieren gehe und es liegt eine Kreuzotter unbeweglich mitten auf dem Weg, so habe ich irgendwie das Bild einer Schlange in meinem Bewusstsein, was mich spontan ohne erst nachzudenken ausweichen lässt. Mein Hund dagegen beachtet die Schlange genauso wenig wie einen Ast, da sie in seinem Bewusstsein nicht als etwas Besonderes oder eine Gefahr registriert ist. Das kann für ihn einmal gefährliche Konsequenzen haben. Aber die Evolution hat für ihn noch eine weitere Alternative zu seinem Schutz vorgesehen, wenn er die Prägung auf die Gefahr und die damit verbundenen instinktive Reaktion nicht erhalten hat. Das phänomenale Bewusstsein gibt ihm zusätzlich die Möglichkeit, das richtige Verhalten zu lernen.

So hat er zunächst einmal einen Instinkt, der ihn andere nachahmen lässt. Sie sollten mal meinen Hund sehen, wenn er mit meiner Frau im Garten ist und meine Frau Unkraut jätet. Der Hund reißt dann in der Wiese mit wachsender Begeisterung Moos aus.

Wenn ich ihn also jedes Mal, wenn eine Schlange oder Blindschleiche auf dem Weg liegt, zur Seite und an diesem merkwürdigen Objekt vorbeizere, so kommt er sicher nach einigen weiteren solcher Erlebnissen dazu, von selbst einen Bogen zu machen, da er durch Nachahmung sich dieses Verhalten angeeignet hat.

Sein phänomenales Bewusstsein verleiht ihm aber auch noch einen weiteren Schutz. Es ermöglicht ihm Befehle bewusst wahrzunehmen und zu befolgen. Wenn ich ihm also das Kommando „Halt!“ zurufe, so verbindet er diese Information mit dem Ereignis „Stehen bleiben“ und er führt dieses Kommando aus. Damit bleiben ihm die unangenehmen Konsequenzen erspart, die ihn treffen würden, wenn er auf die Kreuzotter tritt oder ihr zu nahe kommt.

Fassen wir kurz zusammen, dass phänomenales Bewusstsein macht einem Lebewesen Information als ein erlebtes Ereignis zugänglich. Es kann die Information dann im Gedächtnis bewahren und spätere Ereignisse mit dieser Information assoziieren. Es kann aufgrund dieser Information plus assoziierter Information aus dem Gedächtnis bewusst Aktivitäten einleiten oder Befehle ausführen.

In einer gewissen Phase der Entwicklung eines Lebewesens kann bewusste Information als Prägung im Gedächtnis gespeichert und später als Auslöser für instinktives Verhalten benutzt werden. Das instinktive Verhalten selbst ist durch die Gene vererbte Information.

Bleibt die Frage ob Huxleys Maschine ein solches Verhalten an den Tag legen könnte. Die Antwort ist ein eindeutiges Ja. Jedem sind die unterschiedlichsten Techniken bekannt, wie eine Maschine empfangene Information speichert.

Auch die Funktion eines Parameters, der als externe Information von außen eingegeben werden muss, bevor ein bereits vorhandenes internes Verhalten oder Programm so funktioniert, wie es benötigt wird, sind aus dem technischen Bereich bekannt. Wenn ich mir eine Fernsteuerung, die für alle Geräte wie Fernseher, DVD Spieler, Videorecorder und Satellitentuner gemeinsam funktionieren soll, haben möchte, so kann man ein solches Gerät fertig im Fachhandel kaufen.

Damit es aber auch mit meinen Geräten funktioniert, muss man ihm von außen mittels eines Codes die Information übermitteln, um welche Hersteller und Modelle es sich handelt. Erst dann können die internen Funktionen der Fernsteuerung ihre Aufgabe korrekt erfüllen.

Mit der Funktionalität eines phänomenalen Bewusstseins kommt man schon recht weit. Ein Tamagotchi, das ein Lebewesen simuliert, selbst wenn es nur in einer virtuellen Welt auf dem Bildschirm existiert, hat genau diese Funktionalität. Eine Sammlung interner fertiger Programme läuft ab, wenn sein Besitzer Information von außen zuführt. Die zugeführten Information wird gespeichert und liefert zusammen mit der Information der internen Programme ein Verhalten, das einem Lebewesen gleicht.

Die Firma Sony hatte vor einigen Jahren sogar die virtuelle Welt verlassen und ein Spielzeug in Form eines Hundes namens Aibo auf den Markt gebracht, der seine Umwelt damit verblüffte, das er die Verhaltensmuster eines Lebewesens mit phänomenalem Bewusstsein zeigte.

Natürlich fehlten ihm aber noch ein paar weitere Eigenschaften, die ihn von einem richtigen Lebewesen unterscheiden, wie zum Beispiel die Selbstreproduktion. Aber hiermit werden wir uns in einem der späteren Kapitel noch ausführlich befassen.

Ein entscheidender Punkt bei den Eigenschaften eines phänomenalen Bewusstseins fehlt aber noch. Wie oben beschrieben werden die Ereignisse, die als Information empfangen werden, von dem Individuum subjektiv erlebt. Das ist ein wichtiger Unterschied im Vergleich zu einfachen Maschinen, die nur Steuer und Regelfunktionen besitzen, Information abspeichern können oder Befehle ausführen können. Mein DVD Recorder oder mein Computer erlebt überhaupt nichts, wenn er Information empfängt und abspeichert. Er hat keine Ahnung ob es sich bei der empfangenen Struktur um Zahlen, Texte, Filme oder Musik handelt und ob der Inhalt wichtig, interessant, schön oder traurig ist. Er kann mit solchen Begriffen nichts anfangen.

Hier funktioniert ein Lebewesen mit phänomenalem Bewusstsein etwas anders. Die Information wird gefühlsmäßig bewertet und zusammen mit diesen Werten abgespeichert. Gefühle werden hier instinktiv ausgelöst. Die am Ereignis teilhabenden Objekte und deren Verhalten sind der Auslöser. Es gibt Bewertungskriterien von „Liebe ich“ bis „Hass ich“ und allem was dazwischen liegt wie „Mag ich“ oder „ist mir unsympathisch“. Aber zusätzlich gibt es noch andere Gefühle für eine Bewertung wie „Macht mich wütend“, „Ekelt mich an“, „Macht mich glücklich“ oder „ist mir egal“. Durch die subjektive Bewertung des Ereignisses ist zusätzliche Information zu der empfangenen Information hinzugekommen.

Wer als Kind einem großen schwarzen Hund trifft, ihn unter Aufmunterung der Eltern streicheln darf und das als angenehm empfindet, der mag später wahrscheinlich auch große schwarze Hunde. Wer dagegen unter lautem Gebell als Kind von einem schwarzen Hund umgerannt wurde, dem sind schwarze Hunde unsympathisch, oder er hat sogar Angst vor ihnen.

Wenn man nun zu einem anderen Zeitpunkt einen großen schwarzen Hund sieht, ohne dass der unter lautem Gebell auf einen zugeschossen kommt, wird man dass aktuelle subjektive Erleben „großer schwarzer Hund kommt mir in hundert Meter Abstand auf meiner Straßenseite entgegen“ mit dem Objekt im Gedächtnis „Grosser schwarzer Hund“ assoziieren und zusätzlich die alte Bewertung „Habe ich Angst vor“ ins Bewusstsein rufen.

Die gerade empfangene Information „Schwarzer Hund im Anmarsch“ plus die gespeicherte Information „Habe ich Angst vor“ zusammengenommen können jetzt ein Verhalten auslösen, wie dass ich z.B. auf die andere Straßenseite wechsele. Wir sehen also, dass Erfahrung eine wichtige Informationsquelle ist, die das Verhalten eines Individuums steuern kann.

Damit haben wir nun schon insgesamt drei Informationswege kennen gelernt, die eine Verhaltensweise, die die Überlebenschancen verbessern kann, zur Folge haben.

Erebt instinktive Information, d.h. ich habe eine angeborene Angst vor großen schwarzen Hunden.

Erlern Information, d.h. meine Mutter ist immer auf die andere Straßenseite gewechselt, wenn uns ein großer schwarzer Hund entgegenkam, und hat mir beigebracht das gleiche zu tun.

Erfahrung: Ich habe selbst erfahren, dass ein großer schwarzer Hund unangenehm werden kann.

Fassen wir noch einmal kurz zusammen, welche zusätzliche Information und Informationsverarbeitung mit dem phänomenalen Bewusstsein zusätzlich ins Spiel gekommen ist. Information wird zum subjektiven Erlebnis des Individuum. Sie kann damit bewusste Aktivitäten auslösen. Information als bewusstes Erlebnis kann als ein auslösendes Ereignis für Instinkte sein oder als neue interne Information im Gedächtnis gespeichert werden. Im Gedächtnis gespeicherte Information kann zu einem späteren Zeitpunkt mit aktueller Information im Bewusstsein assoziiert und reaktiviert werden. Hiermit wird es dem Individuum möglich, Verhaltensweisen zu erlernen und nachzuahmen, Verhalten von früheren Erfahrungen abhängig zu machen oder Befehle auszuführen.

Bleibt die Frage, ob hierzu bereits Intelligenz erforderlich ist. Die Antwort ist ein bedingtes „Nein“. Die gesamte Informationsverarbeitung eines Lebewesens mit phänomenalem Gedächtnis kommt ohne Intelligenz aus. Das hindert ein solches Lebewesen oder auch Sonys Roboterhund Aibo nicht daran, intelligentes Verhalten zu zeigen oder intelligente Handlungen auszuführen. Es kann, wie im Falle des Roboterhundes jedoch anzeigen, dass Intelligenz, wenn auch nicht eine eigene, mit im Spiel ist. In diesem speziellen Falle ist es die Intelligenz der Sonyingenieure. Im Falle eines Lebewesens kann es sich um die Intelligenz eines anderen intelligenten Lebewesens handeln, welches nachgeahmt wird oder welches den Befehl zu einem intelligenten Verhalten gegeben hat.

Wir müssen uns aber weiterhin bewusst sein, dass Darwins Mechanismus es ermöglicht, dass die erlernte „intelligente“ Verhaltensweise durch den evolutionären Prozess selbst

entstanden ist, also durch zufällige Variation und natürliche Selektion. In diesem Falle könnte die Information zu dem von einem Individuum an den Tag gelegten Verhalten auch auf interner ererbter Information beruhen, oder die Information die erlernt wurde, ist nicht durch einen intelligenten sondern evolutionären Prozess entstanden, den das Individuum, das diese Information erstmalig zur Nachahmung weitergegeben hat, durchgemacht hat.

### *Informationsfluss in einem gedanklichen Bewusstsein*

Die nächst höher stehende Evolutionsstufe für ein Lebewesen ist das so genannte gedankliche Bewusstsein. Auf diesem Niveau muss unser Konstruktionsplan für Huxleys Maschine, wie wir sehen werden, um eine ganze Reihe von Komponenten und Modulen erweitert werden. In einem gedanklichen Bewusstsein ist nicht nur die Information, die vererbt wurde und die durch subjektives Erleben und durch Gefühle kontrolliert wird ausschlaggebend für das Verhalten, sondern auch objektive Information, die durch logisches Denken, Verstand und Vernunft produziert und verarbeitet wird. Wer ein gedankliches Bewusstsein besitzt, der hat, wie der Begriff besagt, Gedanken d.h. er denkt, plant, bewertet objektiv und trifft Entscheidungen.

Wenn ich z.B. die Information empfangen: „Vorsicht! Hinter dir steht ein T-Rex!“ So fasst mein subjektives Erleben das als Warnung auf, die mich zur Flucht veranlassen soll. Eine Assoziation mit der Information, die ich gelernt habe, sagt mir: T-Rex steht für Tyrannosaurus Rex, das größte Raubtier, das jemals die Erde bevölkert hat, und damit als gefährlich bewertet ist. Jetzt spätestens ist es normalerweise Zeit, die Flucht zu ergreifen. Aber mein gedankliches Bewusstsein lässt mich einen weiteren Schritt zur Verarbeitung dieser Information ausführen. Es kombiniert mittels der mir nun mitgegebenen Denkfähigkeit auf objektive und logische Weise diese Information mit anderer Information zu T-Rex. Dabei tritt die im Gedächtnis eingelagerte angelegte Information ins Bild, dass der T-Rex vor 65 Millionen Jahren ausgestorben ist. Damit muss die Behauptung, dass hinter mir ein T-Rex steht, falsch sein. Ich treffe für mich die Wahl, nicht zu fliehen und entscheide mich entweder dem Informanten zu antworten: „Das kann nicht wahr sein“ oder dafür, meinen Gefühlen bzw. Emotionen freien Lauf zu lassen und in ein schallendes Gelächter auszubrechen.

Der hier im Beispiel verdeutlichte Prozess der Informationsverarbeitung ist nur eine von mehreren alternativen Prozessen, die nun genauer unter die Lupe genommen werden sollen.

Bevor wir das jedoch tun können, ist es unerlässlich, dass wir eine gemeinsames Verständnis für eine Reihe nicht physikalischer Begriffe, deren Definitionen und deren

Anwendung erlangen, die im Allgemeinen und in diesem Zusammenhang gebraucht werden. Dies sind Begriffe wie Bewusstsein, Verstand, Vernunft, Intelligenz, Psyche, Emotion, Geist oder Seele. Solche Begriffe werden häufig gebraucht, ohne dass man sich einer genauen Definition bewusst ist oder worin die Unterschiede zwischen einigen von ihnen liegen. Das führt dann für den Laien zu komplexen, schwer verständlichen, wissenschaftlich lautenden Beschreibungen, in denen Begriffe synonym zueinander gebraucht werden, die häufig zu Verwirrung führen.

Da ich selbst auch kein gelernter Psychologe bin, möchte ich das tun, was ich als Systemanalytiker kann, d.h. für jeden dieser Begriffe eine allgemein verständliche Definition geben und die Begriffe zueinander in Relation stellen, damit sie korrekt gebraucht werden und man wirklich im Detail versteht, was gemeint ist. Anschließend können wir dann unser Modell des Informationsflusses auf dieser Basis weiterentwickeln.

Beginnen wir mit dem Begriff **Verstand**. Viele Philosophen und Berufene haben versucht diesen abstrakten Begriff mehr oder weniger gut zu definieren. Wir wollen diesen Begriff wie folgt gebrauchen: Verstand ist das Vermögen seine Umwelt zu begreifen und zu neuen Erkenntnissen zu gelangen.

Hierzu besitzt der Verstand eine ganze Reihe so genannter **kognitiver Fähigkeiten**. Dazu gehören: Wahrnehmen, lernen, erinnern, vorstellen, phantasieren, denken, einschätzen, gewichten, bewerten, überlegen, auswählen, entscheiden, wollen, planen, Strategien entwickeln, kontrollieren, überwachen, wachsam sein, achtsam sein, sich konzentrieren oder voraussehen.

Mit dem Begriff **Intelligenz** bezeichnen wir das Vermögen, diese Fähigkeiten des Verstandes anzuwenden.

Im Zusammenhang mit diesen Begriffen taucht auch der Begriff **Vernunft** auf, der kein Synonym zu obigen Begriffen ist. Vernunft ist eine Funktion, die dem Verstand normative Grenzen setzt. So kann der Verstand sich im Prinzip alles ausdenken was er will. Der Verstand kann sich ein Szenario zusammenphantasieren, dass sich weder an irgendwelchen physikalischen, gesetzlichen oder ethischen Grenzen orientiert. Beispielweise könnte man sich ein tragbare Loch ausdenken, das zusammenfaltbar in der Jackentasche zu transportieren wäre und mit dem man bequem Banken und Juwelierläden ausrauben könnte. Die Vernunft bewirkt dabei, dass die Produkte des Verstandes an den Gesetzen und Normen gemessen werden, und diejenigen ausschließt, die sich außerhalb dieses Rahmens bewegen. Ein nach der Vernunft handelndes Individuum wird also diese Idee nicht weiter

verfolgen, da das tragbare Loch gegen die physikalischen Regeln und ein Bankraub gegen die gesellschaftlichen Regeln verstößt.

Aber es gibt auch anderes Verhalten eines Individuums, das weder an Intelligenz, Verstand, Vernunft oder eine der kognitiven Fähigkeiten gebunden ist.

Hierzu zählen emotionales Verhalten, instinktmäßiges Verhalten, erlerntes Verhalten oder befohlenes Verhalten. Diese Verhaltensweisen zusammen mit dem Verhalten, das von Intelligenz, Verstand und Vernunft gesteuert wird als **Psyche** bezeichnet. Auf einen kurzen Nenner gebracht kann man so Psyche als die Summe aller Eigenwahrnehmungen und Lebensäußerungen bezeichnen.

Damit haben wir den Kreis geschlossen und sind bei einem Begriff angelangt, den wir bereits bei den Erklärungen früherer Kapitel benutzt haben, dem **Bewusstsein**. Bewusstsein ist als die Empfindung aller psychischen Zustände zu verstehen.

Damit hätten wir im Prinzip alle wichtigen Begriffe vorgestellt, die von einem wissenschaftlichen Standpunkt aus gesehen benötigt werden. Es gibt jedoch noch zwei weitere Begriffe, die mit in die Diskussion eingebracht werden sollen, die sich im Grenzbereich bewegen. Sie sind aber nicht immer eindeutig an ein Individuum gebunden, wobei sie sich aber trotzdem mit den oben definierten Begriffen überschneiden. Diese Begriffe lauten **Geist** und **Seele**.

Für diese beiden Begriffe gibt es leider auch sehr unterschiedliche Definitionen, je nachdem ob sie von einem Theologen, Psychologen, oder Philosophen abgegeben werden. Manche Naturwissenschaftler gehen so weit, die Existenz des Geistes komplett zu leugnen, da sie aufgrund dessen, dass diese Begriffe eine Unabhängigkeit von der Materie enthalten, nicht als physikalischer oder chemischer Prozess erklärt werden können.

Psychologen gebrauchen den Begriff Geist synonym und in der gleichen Weise wie wir oben den Verstand definiert haben. Dem Geist werden auf diese Weise all die oben genannten kognitiven Eigenschaften zugesprochen.

Vom theologischen Standpunkt aus hat Kirchenvater Augustinus Geist als etwas definiert, das an Verstand und Vernunft teilhat aber damit nicht identisch ist. Der Geist ist wie die Seele unabhängig vom Körper und hat die Funktion den Körper zu kontrollieren. Der dem Körper zugeteilte Geist kann jedoch auch zurückgerufen werden, wodurch der Körper stirbt.

Der Französische Philosoph und Mathematiker René Descartes hat diese Eigenschaft des Geistes von einem rationalistischen Standpunkt aus wie folgt ganz pragmatisch beschrieben: Der Mensch besteht aus einem materiellen Körper und einem immateriellen Geist. Beide

kommunizieren über das Gehirn miteinander. Dabei funktionieren nur beide zusammen. Der Körper kann ohne die Kontrolle des Geistes nicht leben. Der Geist kann ohne den Körper nicht zu neuen Erkenntnissen gelangen.

Aber es gibt noch andere Definitionen, die den Geist auf einem anderen Niveau definieren, sodass er nicht an ein einziges Individuum gebunden ist. So sahen die alten Griechen und Römer den Geist als ein gleichzeitig materielles und nicht materielles Prinzip, das den gesamten Kosmos durchdringt und dessen gesamte Organisation kontrolliert. Das gilt dann natürlich auch für den Menschen als Teil des Kosmos, den der Geist steuert, in Einklang mit der Natur zu leben.

Es gibt noch eine zusätzliche dritte Definition des Geistes, die an eine Gruppe oder Gemeinschaft gebunden ist, in der er sich verbreitet. Hier spricht man vom Geist des Christentums, dem Geist der Weihnacht oder dem Geist des Kapitalismus und meint damit eine gemeinsame geistige Einstellung und Position, die sich in einer Gemeinschaft verbreitet und dort manifestiert.

Diese Definitionen sind natürlich auch nur Erklärungsmodelle für Phänomene, die etwas postulieren, das Geist und Seele genannt wird. Wer diese Erklärungsmodelle von vorn herein ablehnt, weil er etwas Immaterielles als auf physikalischer oder chemischer Basis nicht beschreibbar und damit als unwissenschaftlich ansieht, kann deshalb keine weiteren Hypothesen aus diesen Modellen ableiten, die mittels wissenschaftlicher Methoden auf Richtigkeit überprüft werden könnten, und wodurch man zu neuen Erkenntnissen gelangen könnte. Genau dies wollen wir aber in diesem Buch nicht tun!

Mit den oben aufgeführten Erklärungsmodellen des Geistes als Hypothese, entdecken wir plötzlich zusätzliche Quellen und Wege der Information, die Einfluss auf das Verhalten und die Evolution eines Individuums nehmen können. Aber bevor wir mit dem Einfluss dieser Größen auf die Evolution fortsetzen, können wir nun zunächst fortfahren, die Prozesse bei der Aufnahme, Verarbeitung und Produktion von Information innerhalb eines Individuums weiter zu analysieren und in unser Erklärungsmodell einbauen.

Neben der subjektiven gefühlsmäßigen Bewertung, die die am Erleben beteiligten Objekte erhalten, kann nun auch eine objektive Bewertung nach ganz anderen Maßstäben erfolgen. Einer der wichtigsten Maßstäbe ist, ob eine empfangene Information „wahr“ oder „falsch“ ist. Ohne diesen Maßstab wäre eine objektive logische Verarbeitung von Information nicht möglich. Weitere objektive Maßstäbe sind z.B. gesetzlicher oder moralischer Natur wie „gut“ und „böse“ , „Recht“ und „Unrecht“ oder ökonomischer Natur wie „Gewinn“ und „Verlust“. Das Erlebte kann nun zusätzlich auf diese Weise bewertet werden und nun objektiv in



Beziehung zu bereits erworbener Information gesetzt werden. Die so im Bewusstsein nun rational bewertete Information kann weiter mittels Erinnerung mit der im Gedächtnis vorhandenen Information assoziiert werden. Hierdurch können aktuelle und gesammelte Information miteinander abgeglichen und logisch verknüpft werden. Ein solcher Denkvorgang kann dann neue Erkenntnisse aus der gesamten Information erlangen, die zu einer erneuten besseren Bewertung führen, als es allein mit der empfangenen Information möglich war. Auch dieses Ergebnis kann dann wieder im Gedächtnis gespeichert werden. Auf solche Weise sind die mathematischen Lehrsätze entstanden, die durch erinnern, überlegen und logisches kombinieren im Rahmen der bekannten geltenden Axiome und Regeln entwickelt wurden.

Wie im obigen Beispiel beschrieben, würde die Information „Hinter mir steht ein T-Rex“ in einem phänomenalen Bewusstsein den Fluchtinstinkt aktivieren, und das Individuum würde fortlaufen. Die rationale Bewertung unter logischem Aspekt, die die empfangenen Information mit zusätzlicher Information aus der Erinnerung verknüpft, führt jedoch zu einem Wahrheitswert „falsch“. Das instinktive Verhalten der Flucht wird dadurch durch ein anderes Verhalten ersetzt.

Unser Lebewesen mit gedanklichem Bewusstsein besitzt also eine Komponente oder Funktion die diesen Austausch durchführt. Ausgetauscht werden können, instinktive Entscheidungen wie „fliehen“ durch rationale Entscheidungen „lachen und nichts tun“.

Aber sehen wir uns mal genauer an, was hier im Detail abläuft. Unser Erklärungsmodell erhält an dieser Stelle eine neue Komponente, die wir das Streben nennen wollen. Ein Individuum kann sich taktische und strategische Ziele für sein Leben setzen, die sein Handeln bestimmen können. Dies kann z.B. sein: Ich will reich werden, oder ich will eine Familie gründen, ich will einmal im Leben einen Ferrari fahren, ich will ein guter Mensch sein, aber auch ich will nur meine Ruhe oder ich will mich rächen. Aber auch ohne dass ein Individuum sich selbst Ziele setzt, so hat es von Anfang an Ziele, die es ererbt hat, wie ich will überleben, ich will mich fortpflanzen oder ich will meine Familie beschützen.

Diese Funktion, die wir Streben genannt haben, prüft nun die emotional und rationell bewertete Information im Bewusstsein, vergleicht sie mit den gesetzten Zielen und weckt auf diese Weise Wünsche. Ein weitere Komponente, die wir nun in das Modell einführen wollen, bezeichnen wir als Wille. Mithilfe des Willen werden solche Wünsche umgesetzt, indem der Wille körperliche Aktivitäten auslöst, einen aktuellen Wunsch zu erfüllen, wenn sich die Gelegenheit bietet.

Wenn also jemand danach strebt, einmal im Leben einen Ferrari zu fahren und er empfängt in seinem Bewusstsein die Information „roter Ferrari Maranello direkt neben dir, Zündschlüssel steckt, kein Fahrer zu sehen“ so kann der Wunsch geweckt werden, sich einfach genau in diesen Ferrari zu setzen und loszufahren“. Ein starker Wille, das wirklich zu tun, veranlasst die erforderlichen körperlichen Aktivitäten, wie Tür aufreißen, einsteigen und losfahren.

Es wäre allerdings schlimm, wenn unser Lebewesen generell wie ein Computer oder ein Roboter automatisch so reagiert, dass es sich jeden Wunsch, der seiner Zielfunktion entspricht oder näher kommt, automatisch erfüllt. Zu den wichtigsten Grundfunktionen des Verstandes gehören unterscheiden und auswählen. Wenn nun mehrere Zielvariablen existieren, wie Ferrari zu fahren, ein guter Mensch zu sein oder seine Familie zu beschützen, so existieren mehrere Wünsche gleichzeitig, auch wenn vielleicht nur einer gerade in diesem Augenblick erfüllbar geworden ist. Hierzu existiert nun eine weitere Funktion, die die Unterscheidung der Wünsche durchführt, die sie an den Gesetzen und Normen misst und gezielt nur die Wünsche zur augenblicklichen Realisierung auswählt, die in den normativen Rahmen passen und nicht mit anderen vielleicht wichtigen Wünschen kollidieren.

Diese Funktion haben wir bereits als Vernunft kennen gelernt. Die Vernunft legt es dem Individuum nahe, anders zu handeln, als es Gefühle oder Instinkte tun würden.

Das bedeutet aber noch lange nicht, dass das Individuum immer die vernünftige Alternative akzeptiert und in eine Aktivität umsetzt. Einerseits kann das Individuum sich entscheiden, trotzdem gefühlsmäßig zu handeln, andererseits kann es völlig bewusst eine Entscheidung treffen, die von objektiven Standpunkt aus gesehen unvernünftig ist. Es ist also durchaus möglich, dass jemand der mit den letzten 25 Euro, für die er Lebensmittel kaufen soll, entdeckt, dass sein Lieblingsfilm soeben auf Blue-Ray erschienen ist und im Videoladen zu kaufen ist. Er kauft diesen und kehrt ohne die Lebensmittel heim. Der vernünftig handelnde Mensch würde die Lebensmittel wählen.

Unvernünftiges Handeln ist überhaupt nicht selten. Man hat Tests durchgeführt bei der man einer Person 100 Euro gibt. Die Person kann diesen Betrag beliebig aufteilen und anschließend die eine Hälfte einer anderen Person geben und die andere Hälfte für sich behalten. Die andere Person hat die Wahl, den Betrag anzunehmen, oder abzulehnen. Im Falle einer Ablehnung darf auch die erste Person ihren Anteil nicht behalten. Vom Standpunkt der Vernunft wäre es grundsätzlich immer die richtige Entscheidung, den Betrag anzunehmen. Wie das Experiment aber zeigt, setzen sich emotionale Entscheidungen sehr

schnell durch, sodass bereits bei einem Verhältnis von 70 zu 30 die Mehrheit ablehnt. Offensichtlich setzen sich in so einer Situation bereits Gefühle, wie Wut durch und Wünsche werden geweckt, sich zu rächen oder den anderen zu bestrafen, die stärker sind, als der Wunsch 30 Euro geschenkt zu bekommen.

Man kann sich nun fragen ob Huxleys Maschinenwesen zu solchen Leistungen fähig sein könnte. Definitiv wären Schachcomputer oder Computer, die mit Aktien handeln in der Lage, ähnlich einer rein verstandesmäßig handelnden Person bei einer auf sie zugeschnittenen Aufgabe wie Schachspiel oder Aktienhandel zu agieren. Es zeigt sich sogar dass diese Maschinen, da sie emotionslos handeln normalerweise bessere Resultate erzielen können als ein Mensch. Wer mit Aktien handelt, kennt meistens die einfachen Regeln für den Aktienhandel wie: Aktien die steigen kauft man, Aktien die fallen verkauft man und dass man sich ein Limit setzt, wann man verkauft. Das kann man einem Computer leicht beibringen, und der hält sich stur an diese Regeln. Ein Mensch lässt sich jedoch auch von Gefühlen leiten. So verkauft er nicht beim Erreichen des Limits, weil er auf noch größere Gewinne hofft. Statt gefallenen und fallende Aktien zu verkaufen, kauft er sogar noch weitere Posten der fallenden Aktie dazu, um den Verlust pro Aktie zu relativieren. Der Grund ist dann einfach, dass er nicht zugeben kann oder will, einen Fehler gemacht zu haben. Das kann Huxleys Maschine nicht passieren.

Experimente, die ich mit Schachprogrammen gemacht habe um zu gewinnen, bauten darauf, den strikt logisch denkenden Computer durch unlogische, unvernünftige oder suboptimale Züge aus dem Konzept zu bringen, was mir offensichtlich auch gelang, allerdings nur auf den einfachsten Schwierigkeitsgraden.

Nun soll hier aber nicht das Loblied der Vernunft und des computerisierten logischen Verhaltens gesungen werden. Dass funktioniert nämlich nur, solange sich alles genau an die bekannten Spielregeln hält und der kleine Bruder des Laplaceschen Dämons namens Computer auch alle Anfangswerte genau kennt. Aber das ist genau das Problem. Die Anfangswerte sind nicht absolut so wie die logischen Wahrheitswerte, dass eine Information wahr oder falsch ist. Wenn jemand dem Aktiensparer erzählt „Ich habe da einen Insidergeheimtipp: Morgen steigt BMW mit 15%“ so ist mir der Wahrheitswert dieser Behauptung erst morgen bekannt. Ich selbst muss dieser Aussage einen Wahrheitswert mit einer Wahrscheinlichkeit zuweisen, die sich aber weder mathematisch noch logisch errechnen lässt. Ich kann eine detaillierte Markanalyse von BMW machen, mir eine große Anzahl von Faktoren durch den Kopf gehen lassen und zur Bewertung heranziehen, die aber auch alle nicht 100% wahr oder falsch sind. Wie gut ist aber dann ein daraus logisch abgeleitetes Ergebnis? Wenn der Laplacesche Dämon bereits die achte Kugel verfehlt, weil

minimale Abweichungen im subatomaren Bereich, verursacht durch die Heisenbergsche Unschärferelation, eine absolute Berechnung des perfekten Stoßes verhindern, wie gut sind dann Resultate, die eine Vielzahl von Faktoren in eine rationale Entscheidung einbeziehen, deren Ungenauigkeit in einer wesentlich höheren Dimension liegt? Das Ergebnis ist meistens unbrauchbar und nicht besser als eine zufällige Entscheidung. So hat man Kaufentscheidungen für Aktien die auf komplizierten Überlegungen beruhten, mit dem Ergebnis verglichen, dass ein Affe erzielen konnte, indem er Wurfspitze auf die Aktienseite des Wirtschaftsteils einer Zeitung warf. Der Affe landete deutlich über dem Durchschnitt. Emotionelle gefühlsmäßige Entscheidungen ziehen unterbewusst eine Reihe von früheren Bewertungen in Betracht und können dabei besser als zufällige Entscheidungen oder eine sinnlose Kalkulation mit vielen Variablen und zu ungenauen Eingaben sein. Wenn sie zusätzlich die persönlichen Wünsche in den Vordergrund rücken, kann leicht das Gegenteil des erhofften Resultates erzielt werden.

Wenn mir der Informant des Geheimtipps aus einem nicht rational bekannten Grund unsympathisch war, so ist die gefühlsmäßige Entscheidung nicht zu kaufen statistisch gesehen wahrscheinlich die richtige.

Es gibt offensichtlich zwei Welten, eine rationale verstandsbetonte und eine emotionale gefühlbetonte Welt, die das für das Überleben eines Individuums entscheidende Verhalten steuern. Der rationale Teil folgt den Regeln der formalen Wissenschaft sowie den Regeln, die die Normen der Vernunft darstellen, der emotionelle Teil reagiert spontan, unkalkulierbar und manchmal auch unvernünftig.

Der Mathematiker und Pionier der Informatik Allan Turing hat einmal einen Test vorgeschlagen, der nach ihm Turingtest benannt worden ist. Hierbei stellt eine Person einmal einer Testperson und einmal einer Maschine z.B. einem Computer eine Reihe von Fragen, ohne zu wissen, welcher Partner die Maschine ist. Wenn es ihr dabei nicht gelingt, die Maschine eindeutig zu identifizieren, so hat die Maschine den Test bestanden. Auf rationaler Ebene sollte es bei entsprechendem Aufbau möglich sein, eine Maschine oder ein Programm zu entwickeln, das vernünftiges und verstandsbetontes Verhalten bzw. Reagieren auf Information simuliert, die von außen zugeführt wird. Die Regeln hierzu sind weitgehend bekannt und können in einen die Maschine steuernden Algorithmus übertragen werden. Hier kommt Huxley seinem Ziel schon recht nahe. Alan Turing war es auf diese Weise auch gelungen nachzuweisen, dass man für jede mathematische Aufgabe, die durch einen Algorithmus lösbar ist, ein Maschine bauen kann, die die Aufgabe löst. Eine solche Maschine wird seitdem Turing Maschine genannt. Die von ihm gebauten Maschinen funktionierten zwar, waren aber nicht besonders anwendbar für praktische Aufgaben.

Wie wir aber wissen, gibt es viele Probleme, auf die es nicht unbedingt eine eindeutige Antwort gibt oder deren Lösung nicht durch einen Algorithmus formalisiert und auf eine Maschine übertragen werden kann. Das beginnt bereits in der Mathematik, bei der man mit den Mitteln der Analysis noch nicht in der Lage ist, komplexe Integrale aufzulösen. Es setzt sich fort bei allen Fragen, die für eine rationale Analyse unzureichende Eingangsparameter haben oder bei der sich viele kleine Ungenauigkeiten zu großen Abweichungen summieren, sodass das Ergebnis statistisch gesehen nicht besser als eine gefühlsmäßige Entscheidung ist.

Für genau solche Fälle ist auf jeden Fall dem Menschen etwas mitgegeben, dass ihn nicht ruhen lässt, das Problem trotzdem zu lösen. Wir können dies einfach Neugier und Forschungsdrang nennen. Diese Eigenschaften treiben ein Individuum dazu, sich die fehlende Information zu beschaffen. Dies erfolgt durch Nachdenken, durch Experimentieren und Messen oder durch Kommunikation, also gezielte Fragen, die man an die Außenwelt stellt und gezielte Antworten, die man von außen hierzu erhält. Hierdurch erzielt das Individuum einen Zuwachs an Information und kann anschließend anhand zusätzlicher oder verbesserter Ausgangswerte zu neuen Erkenntnissen gelangen, was mit dem Entstehen von neuer Information gleichzusetzen ist.

Hier können wir offensichtlich sehen, welche enormen Möglichkeiten uns das Internet und Suchmaschinen wie Google bieten. Diese Art von Kommunikation kann uns in kürzester Zeit mit gezielter Information versorgen, wobei auf den vermutlich größten Informationspool zugegriffen werden kann, der jemals existiert hat.

Aber ist Google damit auf dem besten Weg zum Laplaceschen Dämon zu werden? Keinesfalls, denn Google ist nicht einmal so etwas wie Huxleys Maschine. Google kommuniziert mit Computern im Internet und sammelt dabei soviel Information zum Auffinden von Information wie möglich, die es in seinem „Gedächtnis“ hinterlegt. Es macht diese Information suchbar und kommuniziert diese weiter an diejenigen, die danach fragen. Zu Huxleys Maschine ist es aber noch ein weiter Schritt. Hier fehlen noch sehr viele Komponenten. Google hat nämlich kein eigenes gedankliches Bewusstsein. Damit ist die gesammelte Information für Google nur Struktur im eigentlichen signaltechnischen Sinne. Das sind binäre Nullen und Einsen, die sich aus magnetisierter und nicht magnetisierter Plattenoberfläche, oder fließenden und nicht fließenden elektrischen Strömen in einem Chip ableiten lassen. Diese wiederum werden in Gruppen zu acht in die Zeichen 0,1,2 ..,9,A,B,C,D,E,F des Hexadezimalsystem übertragen, wobei anschließend jeweils zwei bis vier von diesen ein nach außen auf Papier oder Bildschirm kommunizierbares Zeichen abbilden, wie wir sie auf unseren Tastaturen finden.

Hier endet zunächst die Fähigkeit von Google. Google misst den kommunizierten Zeichen keinerlei weitere Bedeutung bei.

Machen Sie sich den Spaß und suchen mit „Katze beißt Hund“. Google liefert hierzu knapp 2 Millionen Treffer. Aber man sieht, dass Google keine Ahnung von der Bedeutung hat. Es weiß nichts über Grammatik wie Subjekt und Objekt. So beißt in den ersten 9 Treffern der Hund die Katze. Dann sind Hund und Katze beide Subjekt. Der 11. Treffer ist korrekt bis dann wieder Treffer mit Hund beißt Katze folgen. Der absolut überwiegende Teil der 2 Millionen Antworten entspricht nicht dem gewünschten Ergebnis.

Die weitere Information, dass die als Zeichenfolge gesendete oder empfangene Struktur „METHINKS IT IS LIKE A WEASEL“ codierte Information enthält, die den Code „englische Sprache“ in den Code Schrift übersetzt ist Google nicht bekannt. Erst im gedanklichen Bewusstsein des Empfängers entsteht hieraus zusammen mit der erlernten Information des Lesens, der englischen Sprache und der Kenntnis der vorausgegangenen Information aus Shakespeares Hamlet die Information in Form von Bildern in der Fantasie, dass Hamlet seinem Widersacher Polonius mitteilt, dass die Wolke, die beide am Himmel betrachten für ihn selbst eher einem Wiesel ähnelt als einem Kamel, wie Polonius es vorher vorgeschlagen hatte.

Hier sind wir jetzt bei Information mit Bedeutung angelangt. Im Gegensatz zur reinen Struktur als Information, ist in die Struktur selbst von einer Intelligenz eine weitere Information hineincodiert worden. Einem geeigneten Empfänger ist es immer möglich, die Struktur zu empfangen. Ohne die Kenntnis des Codes oder häufig einer ganzen Serie von Codes, mit denen mehrfach umkodiert wird, bleibt die Information nur Struktur und die Bedeutung dem Empfänger verborgen.

Halten wir uns einmal den gesamten Weg von Information mit Bedeutung von einem Individuum zum anderen vor Augen.

Ein Wissenschaftler hat Tests mit Salamanderembryos durchgeführt und hat Bilder dieser Tests als Neuronenstruktur gespeichert. Mittels seiner Erinnerung kann er diese Information wieder abrufen und in seiner Fantasie zu Bildern werden lassen. Er beschließt die Information weiterzugeben. Dazu muss er eine Struktur erzeugen, in die die Information hineinkodiert werden kann. Hierzu verfügt er über unterschiedliche Möglichkeiten. Eine Möglichkeit wäre seine Stimme. Hiermit schafft er eine Struktur aus Schallwellen d.h. eine Struktur aus Luftmolekülen die an unterschiedlichen Stellen unterschiedliche Dichte aufweist.

Als nächstes muss er die in seiner Fantasie entstandenen Bilder in diese Struktur hineinpacken. Hierzu benutzt er eine Sprache als Code. Häufig beherrscht ein Individuum mehrere Sprachen wie Deutsch, Englisch oder Schwedisch, und es wählt eine davon aus. Zu jedem Begriff oder Vorgang seiner Bilder gibt es Worte, die das Erlebte beschreiben können. Er beschließt die Information in Deutsch zu vermitteln und sendet diese mit den Bildern assoziierbaren deutschen Worte als Schallwellen aus.

Widmen wir uns nun dem Empfänger. Dieser besitzt ein Organ, wie das Gehör oder eine technische Vorrichtung wie ein Mikrofon, um Schallwellen zu empfangen. Das Gehör wandelt die Schallwellen in eine Neuronenstruktur seines Gehirns um, das diese nun weiter analysieren kann. Die Neuronenstruktur löst im Bewusstsein eine bewusste Wahrnehmung aus. Eine Assoziation mit Information in der Erinnerung ergibt, dass es sich um Worte in deutscher Sprache handelt. Der Verstand trennt die einzelnen Worte aus einer kontinuierlichen Struktur und dekodiert sie, indem die Worte mit Bildern im Gedächtnis assoziiert werden. Damit ist die Information von einem Individuum zu einem anderen kommuniziert worden. Wichtig ist, dass sowohl Sender als auch Empfänger den gleichen Code kennen und benutzen. Ohne Code identifiziert der Empfänger die Information nur als strukturelle Information. Dies ist z.B. der Fall, wenn der Empfänger kein Deutsch versteht.

Kommunikation kann mittels aller Sinne vermittelt werden. Dies reicht von einfachen Signalen, die eine Bedeutung haben, z.B. wenn mein Hund die Zähne fletscht, bis zu Sprachen, mit denen abstrakte Inhalte oder sogar Gefühle übermittelt werden.

Es geht aber auch sehr viel komplizierter, wobei die Strukturen mit eingelagertem Code mehrfach umkodiert werden und mittels anderer Strukturen vermittelt werden. Statt direkt mit meinem Kommunikationspartner zu sprechen kann ich technische Ausrüstungen wie ein Handy benutzen. Die Bilder meiner Gedanken werden wie gewöhnlich von mir in Schallwellen umcodiert, die aber jetzt nicht direkt empfangen werden. Zunächst aber muss der Kommunikationspartner gefunden werden. Hierzu gibt der Anrufende eine Telefonnummer aus seinem Gedächtnis über eine Tastatur in ein Handy ein. Durch Drücken der Ruftaste, wird die Telefonnummer im Handy in eine Zahlenstruktur, die nur aus den Ziffern 0 und 1 besteht, umgewandelt und in eine andere Struktur hineincodiert. Diese Struktur ist eine Radiowelle, die das Handy erzeugt. Die Einbettung erfolgt dadurch, dass die Radiowelle einfach ein und ausgeschaltet wird. Ein bedeutet 1 und Aus bedeutet 0. Die Radiowelle wird von einem Sende- und Empfangsmasten des Handynetzes empfangen und an einen Computer weitergereicht. Der Computer hat einen Algorithmus, der anhand der Telefonnummer des Empfängers den Sende und Empfangsmasten ermittelt, in dessen Bereich sich das Handy des gewünschten Kommunikationspartners befindet. An diesen wird

die Information weitergeleitet. Der Sendemast, der dem Handy am nächsten ist, sendet mittels Radiowellen ein Signal an dieses Handy, dass ein Gespräch wartet. Das Handy des Empfängers verwendet dieses Signal als auslösendes Moment, um ein akustisches Signal an das empfangende Individuum zu senden. Das Individuum hört dieses Signal, dass über eine Neuronenstruktur im Gehirn ins Bewusstsein gelangt. Nach Assoziation der empfangenen Information im Gedächtnis, gelangt die Information „Telefongespräch für dich wartet“ ins Bewusstsein, dies löst die Aktivität aus, auf die Antworttaste zu drücken und das Telefon ans Ohr zu führen. Der Druck auf die Antworttaste wird zum auslösenden Moment für das Handy, ein Signal auf dem eben beschriebenen Weg, aber in die umgekehrte Richtung, an das anrufende Handy zu senden. Das anrufende Handy empfängt dieses Signal und stellt ein akustisches Rufsignal ab, das dem sendenden Individuum anzeigt, dass die Verbindung aufgebaut wird.

Die sendende Person des Anrufes beschließt, sich zu melden, indem sie das Wort „Hallo“ ausspricht. Die hierdurch kodierten Schallwellen treffen auf das Mikrofon im Handy des Empfängers, werden in ein Struktur elektrischer Stromstärke umgewandelt, welche in binäre Zahlen umkodiert und in eine Radiowelle durch Ein- und Ausschalten hineincodiert wird. Die Radiowelle wird empfangen und, wie bereits beschrieben, mit Hilfe des Computers an den Sendemasten, der der anrufenden Person am nächsten steht gesendet. Dieser sendet die Radiowelle an das Handy des Angerufenen. Ein Chip im Handy extrahiert die in die Radiowelle eingebettete digitale Information und wandelt diese in einen analogen elektrischen Strom mit wechselnder Stromstärke um. Dieser Strom wird einem Lautsprecher im Handy zugeführt, der ein Magnetfeld erzeugt, das eine Membran im gleichen Rhythmus wie die Schwankungen in der Stromstärke vibrieren lässt. Durch die Membran wird die Luft im gleichen Verhältnis verdichtet, wie sich das Magnetfeld im Verhältnis der Stromschwankungen verändert. Hierdurch werden Schallwellen erzeugt, die vom Gehör des Anrufers empfangen werden und so im Gehirn ein Neuronenstruktur erzeugen. Diese vermittelt dem Bewusstsein des Angerufenen das Wort „Hallo“, das der Anrufende gerade spricht.

Du meine Güte, höre ich jetzt einige sagen. So kompliziert kann auch nur ein Systemanalytiker einen so simplen Vorgang wie die Kommunikation mit einem Handy in jede Menge Einzelteile zerpfücken und anschließend auf solche Weise beschreiben. Na gut, während meine Generation noch ihre Spielsachen kaputt machte und zerlegte, um zu sehen, wie es genau funktioniert, so sind die heutigen Spielsachen wie Gameboy, I-Phone oder MP3-Player so konstruiert, dass man von deren Innenleben kaum noch Hinweise erhält, wie sie funktionieren. Also macht sich der Nicht-Fachmann gar keine größeren Gedanken mehr



dazu. Man legt sich einfach ein holistisches Bild zu, das das Handy, den Gameboy oder die neue Wii Konsole als einen monolithische Einheit ansieht, die einfach die Funktion hat, die sie an ihrer Schnittstelle nach außen aufweist. Das Innere und was darin abläuft ist eine Black Box, deren Innenleben man nicht kennt und das auch nicht weiter interessiert. Es reicht ja, dass die Ingenieure von Sony, Apple, Samsung oder Nintendo wissen, wie so was funktioniert. Aber diese Problematik wollen wir erst später diskutieren, wenn wir die Sicht auf biologische Systeme vertiefen, die ebenfalls so eine Komplexität aufweisen können.

Aus Sicht der technischen und biologischen Evolution können wir an obigem Beispiel leicht erkennen, dass der Mensch sich mittels Technik wie des Handys enorme Vorteile geschaffen hat, die auch seine Chancen zum Überleben verbessern. Er hat eine enorme Erhöhung der Reichweite für seine Kommunikation mittels Schallwellen erzielt. Während er ohne Handy nur die nähere Umgebung erreichen konnte, kann er nun nahezu mit jedem überall auf der Erde unmittelbar kommunizieren. Dieser Vorteil ist nicht das Privileg einiger von der Natur bevorzugten Individuen, sondern kann von jedem, der sich ein Handy beschaffen kann, genutzt werden. Was ist dagegen eine genetisch bedingte Erhöhung der Lautstärke in der Stimme eines Individuums oder ein etwas besseres Gehör?

Neben der Möglichkeit, große Entfernungen bei der Verbreitung von Information zu überbrücken, gibt es eine weitere Errungenschaft, die noch wichtiger geworden ist, die Überbrückung der Zeit bei der Vermittlung von Information. Eine gesprochene Information ist Frischware, die sofort verbraucht werden muss. Wird das Gesprochene nicht direkt empfangen, ist die Information verloren. Der Mensch hat aber auch Erfindungen gemacht, die die Information konservieren, um damit die Zeit überbrücken zu können. Ein zusätzlicher Effekt einer solchen Konservierung ist, dass man die konservierte Information auch selbst wieder nutzen kann, falls man sie nicht in seinem Gedächtnis gespeichert hat. Alles hat wahrscheinlich damit angefangen, dass man die Bilder, die man sah oder im Bewusstsein erlebte, in den Sand zeichnete oder an die Wände seiner Wohnstätte malte. Hier waren sie auch nach einer gewissen Zeit noch vorhanden, und konnten als Struktur von jedem empfangen werden, der sie ansah. In deren Bewusstsein wurden sie wieder zu den Bildern, aus dem Bewusstsein des Individuums, das sie gemalt hatte. In einer weiteren Stufe konnte auch kodierte Information auf diese Weise konserviert werden. Anfangs verwendete man die Bilder selbst als Code, indem man sie immer weiter vereinfachte und zu Symbolen, die für das Objekt im Bild standen, stilisierte. So entstand die Schrift wie die Keilschrift der Sumerer.

Diese Symbole drückten sie mit kleinen Holzkeilen in Lehmtafeln, die sie brannten. Noch heute ist die Information, fast 6000 Jahre nachdem sie auf diese Weise konserviert wurde, für uns verfügbar. Voraussetzung, dass wir die Information verstehen können ist, dass wir

den Code kennen, der in die Struktur aus merkwürdig zueinander angeordneten Keilen eingelagert ist, die manchmal nur noch wenig mit Bildern gemeinsam haben. Diese alten Tontafeln enthalten nicht nur kurze einfache Informationen, wie wir sie von Blechschildern unserer Zeit kennen, sondern ausführliche Erzählungen, wie die von Gilgamesch, der das ewige Leben suchte, oder die Liebesgeschichte von Inanna und Dumuzi. Diese tausende von Jahren alten Schriftstücke sind genauso spannend und mitreißend, wie zeitgenössische Literatur.

Vom Standpunkt der Evolution ist jedoch ein Punkt von besonderem Interesse. Die biologische Evolution geht graduell und langsam voran und die Entwicklung des Menschen begann vor vielleicht einer Millionen Jahren. Dann plötzlich vor ca. 6000 Jahren beherrscht der Mensch auf einmal das Schreiben und das Lesen. Lesen an sich ist etwas äußerst Merkwürdiges. Der Mensch starrt auf eine Struktur auf einem Blatt Papier oder einem Tonziegel und nimmt eine Struktur wahr, die aus ein paar einfachen sich häufig wiederholenden Kringeln und Linien besteht. In seinem Bewusstsein werden diese einfachen Zeichen zu Bildern und Erlebnissen, die die gleichen psychischen Reaktionen, wie Freude, Trauer, Wut und Ähnliches auslösen können, wie bei demjenigen, der das Geschriebene wirklich subjektiv erlebt hat. Es ist sehr schwer vorstellbar, wie die biologische Evolution allein diese Fähigkeit so plötzlich hervorbringen konnte. Wir haben es hier offensichtlich mit einer anderen Art von Evolution, einer kulturellen Evolution zu tun, die maßgeblich zu dieser merkwürdigen Fähigkeit des Menschen beigetragen hat. Man bedenke, dass das Bewusstsein innerhalb einer zwanzigstel Sekunde in der Lage ist, alle Buchstaben eines normalen Wortes zu identifizieren und innerhalb einer weiteren zehntel Sekunde mit einem von 40 000 Worten und Begriffen, die wir in unserem Gedächtnis verwalten, assoziieren kann, wodurch das entsprechende Bild im Bewusstsein entsteht.

Nun wollen wir aber auch den Beitrag der biologischen Evolution zu dieser Fähigkeit nicht verschweigen. Der französische Neuropsychologe Stanislas Dehaene machte die Entdeckung, dass es in unserem Gehirn einen gewissen begrenzten Bereich gibt, mit dem wir offensichtlich die Buchstaben identifizieren. Dieser aber bildete sich mittels Darwins evolutionärem Prozess zu anderen Zwecken. Dieser Bereich hatte seine Funktion, bevor die Schrift erfunden war, und wird auch heute immer noch dazu genutzt, Strukturen zu analysieren. Die Analyse erfolgt, indem man innerhalb einer größeren Struktur versucht, kleinere Strukturen zu erkennen die sich aus wenigen, normalerweise drei bis vier geraden oder krummen Linien zusammensetzen. Die Buchstaben unserer Schrift haben genau diese Eigenschaften. Die bereits vorhandene Gehirnfunktion konnte daher als wichtige Komponente für die kulturelle Evolution des Lesens zweckentfremdet werden.

Dehaene konnte ein interessantes Indiz für seine Hypothese anführen. Jeder hat schon einmal Bilder von optischen Täuschungen gesehen. Dies können einfache geometrische Zeichnungen sein, in denen gerade Linien in unserem Bewusstsein gekrümmt erscheinen, oder es erscheinen zwei in Wirklichkeit gleich große Objekte verschieden groß. Besonders verblüffend sind Bilder von Reinhold Escher, der zum Beispiel Gebäude zeichnete, an denen Wasser in Rinnen und Stufen von Stockwerk zu Stockwerk herab läuft und wenn man den gesamten Lauf verfolgt, aus unerklärlichen Gründen plötzlich gegen aller Regeln der Physik und Geometrie am Ausgangspunkt wieder herauskommt. Die Ursache hierfür ist genau diese Analysefunktion unseres Gehirns, die komplexere Strukturen in eine Serie einfacher Strukturen zerlegt. Die Aneinanderreihung der Einzelstrukturen produziert die optische Täuschung. Ist man sich dieser Ursache bewusst, so kann man versuchen, das Bild, das die optische Täuschung hervorruft, ganz bewusst als Gesamtheit zu sehen, wodurch entweder der Täuschungseffekt verschwindet oder man die Stelle entdeckt, wo der Zeichner gemogelt hat.

Nicht alle sahen die Kunst des Lesens als evolutionären Fortschritt an. Einer der alten Griechen, Sokrates war der Ansicht, dass das Gegenteil der Fall ist. In einem seiner Werke lässt er den ägyptischen König Tamos zu dem ägyptischen Gott Thot, dem zugeschrieben wird, den Menschen die Schreibkunst gebracht zu haben folgendes sagen: „Diese Erfindung wird nur Vergesslichkeit in den Geistern der Schüler produzieren, da sie ihr Gedächtnis nicht mehr trainieren müssen. Nun holen sie sich das, was sich im Gedächtnis haben sollten, von außerhalb mittels dieser fremden Zeichen, anstatt aus dem eigenen Inneren. Deine Erfindung verhilft deinen Schülern nicht zu einem guten Gedächtnis, sondern nur zu einem Ersatz für ihr schlechtes Gedächtnis. Auf diese Weise hören sie viel ohne etwas zu lernen. Sie glauben viel zu wissen aber eigentlich sind sie dumm. Es ist unerträglich Umgang mit ihnen zu haben, da sie als Besserwisser statt als Wissende auftreten.“

Vom heutigen Standpunkt können wir es besser als Sokrates beurteilen. Wer des Lesens nicht kundig ist, hat es, um es mit Darwins Worten auszudrücken, beim Kampf ums Dasein, bedeutend schwerer als seine Konkurrenten. Analphabetismus ist ein so schwerwiegendes Handicap, dass eventuelle biologische Vorteile wie körperliche Stärke, außergewöhnliches Sehvermögen oder ein überdurchschnittlicher Geruchssinn hierdurch in den Schatten gestellt werden.

Das Beispiel des Lesens macht aber die Bedeutung der geistig kulturellen Evolution neben der biologischen Evolution, selbst wenn beide am Ergebnis beteiligt sind, besonders deutlich. Geistig kulturelle Evolution kennt im Gegensatz zur biologischen Evolution ein Ziel. Variationen oder Veränderungen von Fähigkeiten eines Lebewesens werden auf diese

Weise nicht mehr vom Zufall bestimmt, sondern aufgrund einer intelligenten Leistung gezielt erreicht. Auf diese Weise sind auch schnelle und sprunghafte Veränderungen in gewissen Bereichen möglich. Das Lesen entstand nicht durch zufällige Variation und natürliche Selektion im Laufe astronomischer Zeiträume von Millionen Jahren, sondern in einer sehr kurzen Zeit und verbreitete sich in weniger als 6000 Jahren in immer größerem Umfang innerhalb der Art des Homo sapiens. Es wurde in den letzten zweihundert Jahren, mit dem Aufkommen einer modernen Industriegesellschaft, einer der wichtigsten Faktoren für die Überlebensfähigkeit eines Individuums in der Menge seiner Konkurrenten. Dabei verbreitete sich diese Fähigkeit nicht durch Vererbung von den Eltern zu den Nachkommen, sondern die Information, diese Fähigkeit zu erlangen, fand wesentlich schnellere und alternative Wege. Von der natürlichen Selektion werden solche Fähigkeiten genauso bewertet wie physiologische Fähigkeiten.

Wir sollten aber noch einen Blick auf das Resultat menschlicher Intelligenz werfen, mit dessen Hilfe es in den letzten beiden Jahrzehnten gelungen ist, beide in den letzten Abschnitten beschriebene Effekte der Unabhängigkeit des Informationsaustausches vom Ort der kommunizierenden Partner und zusätzlich einer Unabhängigkeit von der Zeit zu kombinieren. Ich meine natürlich das Internet, das konservierte Information einer großen Masse oder nahezu der gesamten Menschheit zugänglich macht.

Ich werde jedoch davon Abstand nehmen, auch diese Kommunikation zu atomisieren und im Detail wie die Handykommunikation zu beschreiben.

Wir haben es hier mit einer weiteren Form der Kommunikation zu tun, die gezielt Information von anderer Stelle abrufen. Dabei kommt es gar nicht so sehr darauf an, ob dazu technische Ausrüstung am Transport der Information beteiligt ist oder nicht. Ich kann zum Beispiel meine Frau fragen, was es zu essen gibt oder ich kann im Internet unter [www.ryanair.com](http://www.ryanair.com) nachsehen, was nächsten Sonntag ein Flug von Stockholm nach Pisa kostet. Eines aber habe beide diese Kommunikationsformen gemeinsam. Dem Sender ist bekannt, an wen er seine Anfrage nach Information richten soll.

Ganz offensichtlich bedeutet auch diese Fähigkeit, sich Information, die man nicht besitzt, durch eine gezielte Anfrage zu beschaffen, einen nicht unbedeutenden evolutionären Vorteil. Wer auf dem Weg zum Ziel nach dem Weg fragen kann, macht dadurch leicht physiologische Vorteile anderer, wie größere Ausdauer und schnelleres Laufen bei der Suche wett.

Aber der letzte Schritt fehlt noch. Wie können wir Information beschaffen, ohne zu wissen, wen wir fragen sollen?

Hierzu gibt es noch eine weitere Form der Kommunikation. Es kann vorkommen, dass man nicht nur eine gewisse Information sucht, sondern man kennt auch gleichzeitig niemanden oder keine Adresse, wo man die gewünschte Information findet, sodass man diese auch gleichzeitig suchen muss.

Die klassische Lösung des Problems besteht darin, dass man eine große Menge an Information an einer Stelle konzentriert, an der man sie auffinden kann. Dann richtet man seine Frage an diese Stelle. Beispiel hierfür sind Lexika, Enzyklopädien und Bibliotheken. Ein weiteres Problem, das gelöst werden muss, ist ein schnelles Auffinden der Information. Die klassische Lösung hierzu war, die Information zu ordnen und zu sortieren. So werden Bücher in Bibliotheken nach Fachgebieten, Teilgebieten und Autoren geordnet. Damit erspart man es sich, an hunderten Regalen vorbeizugehen und tausende von Büchern zu betrachten. Das ganze setzt voraus, dass ein anderes Individuum bewusst diese Ordnung geplant und hergestellt hat und man die Information hat, wie diese Ordnung aufgebaut ist.

Aber selbst mit dieser Ordnung kann es sehr aufwendig sein, die gesuchte Information zu finden. Deshalb wurden noch weitere Suchwege erdacht. So erfand man den Index. Hier werden zunächst nur bestimmte Begriffe gesammelt wie Buchtitel oder Schlagwörter. Man sortiert jetzt nur diese Begriffe in einer Liste oder Kartei und ordnet ihnen Adressen zu, an denen die zugehörige Information gefunden wird. Wenn ich also ein Buch mit dem Titel „Mord im Orientexpress“ suche, so kann ich zunächst in einer Kartei suchen. Heute ist das gewöhnlich ein Computer, früher besaßen die Bibliotheken ganze Räume mit Karteikästen. Hier finde ich die Information, dass „Mord im Orientexpress“ in Regal H128 Fach D4 steht. Ich gehe dorthin und finde in Fach D4 etwa zwanzig Bücher, die nach Autoren sortiert sind. Es geht jedoch schnell, zwanzig Titel von zwanzig Büchern zu lesen und dadurch das gewünschte Buch zu finden.

Offensichtlich ist bei der Suche nach Information, mit dem Ziel die eignen Informationsmenge zu erhöhen, zusätzliche weitere Information zu der gesuchten Information an sich äußerst nützlich. Dies ist die Information, wo zweckmäßiger Weise gesucht werden soll und wie gesucht werden soll. Ohne diese zusätzliche Information kann man zwar auch fündig werden, aber eine zufällige Suche, die einfach irgendwelche Bücher in einer Bibliothek herausgreift oder eine systematische Suche, die bei Unkenntnis der Organisation des Suchraumes sequentiell den ganzen Raum durchsucht, ist sehr zeitaufwendig und führt selten zu einem schnellen Ergebnis. Erst die Information über eine intelligente Organisation des Suchraumes, wie z.B. verschiedene Sortierungen, ermöglicht die schnelle, oder bei sehr hoher Anzahl von Alternativen, überhaupt erst die Möglichkeit, zur Beschaffung der gesuchten Information.

Vom Standpunkt der Evolution aus gesehen ist derjenige im Vorteil, der die Information über schnellere Suchwege besitzt und nicht der, der aufgrund seiner Physiologie schneller bei der Suche ist. Die große Frage ist jedoch, woher diese schnellen Suchwege kommen. Im Falle der Bibliothek muss ein intelligentes Individuum gezielt die Sortierordnung unter enormen Arbeitsaufwand geschaffen haben. Ebenso ist es ein riesiger intellektueller Aufwand, einen Index über Schlagwörter zu erstellen. Eine solche Ordnung entsteht keinesfalls durch Zufall. Aber selbst wenn diese Ordnung durch Zufall entstanden wäre, so müsste man einen gleich hohen Aufwand betreiben, um die Hypothese, dass der Suchraum alphabetisch oder sonst wie geordnet ist, zu beweisen. Erst dann kann man die schnelleren Suchwege benutzen.

Einfacher ausgedrückt kann man sagen, dass man nichts dabei verdienen kann, wenn man die schnellen Suchwege erst selbst anlegen muss bevor man diese benutzt, um auf die gesuchte Information zuzugreifen. Eine zufällige oder sequentielle Suche erfordert den gleichen Aufwand.

Der große Vorteil bei der Anlage solcher Suchwege ist jedoch, dass man sie einmal unter großen Aufwand anlegen muss, um die gesuchte Information schnell zu finden, ihn dann aber immer wieder benutzen kann, sodass man schon bei der zweiten Suche Aufwand und Zeit spart, im Vergleich zur zufälligen oder sequentiellen Suche. Richtig Zeit und Aufwand kann sich derjenige ersparen, der die schnelleren Suchwege gar nicht anzulegen braucht, sondern die Information, dass diese bereits existieren und wo diese zu finden sind, direkt vermittelt bekommt.

Unsere kulturelle Evolution hat in diesem Zusammenhang in den letzten zwanzig Jahren erhebliche Fortschritte gemacht. Sortieren oder der Aufbau eines Index ist eine relativ einfache aber zeitraubende Tätigkeit. Aber erinnern wir uns an Alan Turing, der behauptete, dass für alle Aufgaben, die durch einen Algorithmus beschrieben werden können, eine Maschine gebaut werden kann.

Genau das hat man in den letzten 20 Jahren sehr erfolgreich getan. Man hat Maschinen gebaut, die uns die extrem aufwändige Arbeit für den Aufbau eines Index abnehmen. Diese Maschinen sind so effektiv, dass sie nicht nur eine ganze Bibliothek, sondern die gesamte gespeicherte und zugänglich gemachte Information auf allen an das Internet angeschlossenen Computern durchsuchen und indexieren können. Eine zweite Art von Maschine hilft dann bei der Auswertung des Index. Jeder weiß was hiermit gemeint ist, denn jeder kennt die so genannten Suchmotoren wie Google, Lycos, Bing, Fireball und ähnliche. Die erste Hälfte besteht aus Programmen, die man Crawler nennt. Diese folgen Adressen, die auf Information im Internet verweisen und analysieren die dort gespeicherte Information.

Die gefundenen Wörter werden in einen zentralen Index mit der Adresse eingetragen, an der die Information, die das indizierte Wort enthält, gefunden werden kann.

Der Suchmotor ist ein Programm das Suchbegriffe entgegennimmt und den Index dahingehend auswertet, wo Information, die die angegebenen Begriffe enthält, gefunden werden kann. Das Ergebnis der Suche, also die Stellen wo man Information abrufen kann, die die eingegebenen Suchbegriffe enthalten, wird dem Individuum angezeigt, das die Information wünscht. Der Suchende wählt davon eine Alternative aus und erhält eine Antwort auf seine Frage.

Im Grunde genommen enthalten Google und Co nicht die Information selbst, sondern nur die Information über schnelle Suchwege zu der gewünschten Information. Die Information selbst liegt immer noch im Computer desjenigen, der die Information verbreiten will. Das ist allerdings nicht ganz korrekt. Die Suchmotoren sammeln permanent umfassenden Statistiken und Information über beide Anbieter und Sucher. Diese Information wird einerseits dazu verwendet, um bei einer sehr großen Menge von Treffern die am besten geeigneten oder die am häufigsten angezeigten nach oben zu sortieren. Es können aber auch die sein, die am besten dafür bezahlen, indem Sie bei Google AdWords Suchworte kaufen. Der Suchende wird anhand seiner Statistik mit zusätzlicher, oft nicht explizit gesuchter Information d.h. gezielter Reklame versorgt. Wie sonst wäre ein so aufwändiges und kostspieliges System auch sonst zu finanzieren?

Die Möglichkeiten, die diese Systeme liefern sind enorm. Information aus der ganzen Welt steht jederzeit und jedem in Sekundenschnelle zur Verfügung. Man braucht überhaupt nicht mehr zu wissen, wer etwas weiß oder wo man die gesuchte Information finden könnte.

Also Sieg für Huxley und Turing auf der ganzen Linie? Werden Maschinen so zum Konkurrenten von Lebewesen oder übernehmen sie sogar und machen den Menschen zu Sklaven der eigenen Energieversorgung und Reproduktion. Damit hätte die Maschine dann wirklich das Niveau eines Lebewesens erreicht und Huxley wäre am Ziel. Aber das gibt es bisher nur in Filmen wie Terminator 3 oder Matrix und in Wirklichkeit ist es noch ein weiter Weg dorthin, von dem man nicht genau sagen kann, ob er wirklich ans Ziel führt.

Der entscheidende Unterschied ist, dass die Maschine die Bedeutung der in den Code eingebetteten Information überhaupt nicht versteht. Der Maschine ist es egal ob der Text auf deutsch, englisch, italienisch oder türkisch geschrieben ist. Es ist ihr egal ob er auf russisch, griechisch oder bulgarisch geschrieben ist, wo man andere Schriftzeichen verwendet. Die Maschine hantiert nur Strukturen ohne Bedeutung in Form interner Codes, die keinen Unterschied machen, in welcher Sprache der Text verfasst ist. Es können Folgen von

Codezeichen gelesen, geschrieben, gesucht, verglichen oder sogar verändert werden, aber die Bedeutung bleibt der Maschine verborgen. Erst ein Bewusstsein wandelt solche Strukturen in Bilder und Erlebnisse um und kann dieser Information mit Bedeutung einen Wert zuweisen, wie richtig oder falsch, glaubwürdig, zweifelhaft, wichtig, uninteressant oder gefährlich. Erst bewertete Information eignet sich zur Weiterverarbeitung im Bewusstsein, um zu neuen Erkenntnissen zu gelangen und damit neue Information zu produzieren. Gerade das Internet bietet bei aller Fülle, jede Menge unzuverlässiger oder unwahrer Information, der man ungeprüft keinen Glauben schenken sollte.

Wenn man den Code nicht versteht, weil man ihn auf einem falschen Niveau betrachte, wie die Hexadezimale Darstellung in einem Speicherauszug, oder weil der Code der die Information, die herauscodiert werden soll, ein anderer ist, als der Code mit dem sie hineincodiert wurde, so versteht man die Bedeutung nicht und kann die Struktur nur wie eine Maschine verarbeiten. Das kann kaum neue Erkenntnisse bringen. Wer kein russisch, versteht kann sich die kyrillischen Zeichen auf seinem Bildschirm als Zeichenketten oder Muster betrachten aber mit dem Inhalt nichts anfangen.

Wer nur Strukturen erkennt, aber deren Bedeutung nicht versteht, kann nicht beurteilen, wie vollständig eine Information ist und kann auch keine sinnvollen Fragen stellen, um fehlende Information zu beschaffen, da er nicht wissen kann, ob etwas Wichtiges fehlt. So ist es kaum möglich auf intelligente Weise sondern höchstens durch Zufall neue Information zu schaffen.

Damit sind wir bei einer wesentlichen Frage angelangt: Gibt es künstliche Intelligenz? Wenn diese Frage mit einem uneingeschränkten ja beantwortet werden kann, dann hätte Huxley gewonnen, da dann selbst die Aufgaben für die man Intelligenz fordern müsste, von einer Maschine gelöst werden könnten. Also sehen wir und den Stand der Dinge in Bezug auf künstliche Intelligenz etwas näher an.

### *Künstliche Intelligenz*

Um die künstliche Intelligenz diskutieren zu können, sollten wir uns zunächst noch einmal unsere frühere Diskussion von natürlicher Intelligenz ins Gedächtnis zurückrufen.

Intelligenz war das Vermögen die kognitiven Fähigkeiten des Verstandes anzuwenden. Zu den kognitiven Fähigkeiten hinzu kam das Vermögen zu neuen Erkenntnissen zu gelangen. Zu den kognitiven Fähigkeiten zählten unter anderem das Denken, Bewerten, Auswählen, Entscheiden, Planen, Strategien entwickeln, Kontrollieren, Lernen, Überlegen oder Fantasieren.



Nun brauchen wir eine Definition für künstlich. Als künstlich bezeichnet man normalerweise alles das, was das Produkt menschlicher Planung und menschlichen Designs ist. Aber die Grenzen sind offensichtlich fließend. Ein Damm, von Menschen gebaut, ist künstlich. Aber was gilt für einen Damm, den Biber gebaut haben? Wenn wir den auch als künstlich bezeichnen wollen, wo geht dann die Grenze? Ist ein Wespennest schon künstlich? Andererseits könnten wir den Biberdamm als natürlich bezeichnen, mit dem Argument, dass der Biber ein Teil der Natur ist, aber das ist der Mensch doch auch.

Künstliche Intelligenz bedeutet also, dass ein künstlich, also durch Planung und Design erschaffenes, Objekt ein intelligentes Verhalten zeigt, wie wir es vom Menschen erwarten würden. Es gibt viele Beispiele von Maschinen, die in irgendeiner Form intelligentes Verhalten zeigen. Das beginnt mit der Klimaanlage in einem Raum, die die Temperatur automatisch in einem gewünschten Intervall hält, über Computerspiele, in denen der Computer selbst den Gegenpart zum Spieler übernimmt und mit eigenen Strategien versucht, die Strategien der Spieler zu durchkreuzen. Es gipfelt in einem Schachcomputer, der den Weltmeister im Schach geschlagen hat und Robotern, die vollautomatisch auf dem Mars landen, Fahrzeuge aussetzen und Bodenproben analysieren.

Die große Frage hierbei ist jedoch, ob ein Objekt, das sich intelligent verhält, bereits intelligent ist. Intelligentes Verhalten von Maschinen ist normalerweise auf einen spezialisierten eingeschränkten Wahrnehmungsbereich und auf gewisse kognitive Fähigkeiten begrenzt. So nimmt das Thermostat einer Heizung die Temperatur der Umgebung wahr, kontrolliert diese, vergleicht sie mit den eingestellten Grenzwerten und schaltet die Heizung ein oder aus, wenn die Werte überschritten werden. Viel mehr kann man von einem solchen „intelligenten“ Steuer- und Regelmechanismus aber nicht erwarten. Sollte man das Heizgerät und das zugehörige Thermostat im Garten des Hauses platzieren, so wird dieser Umstand vom Gerät nicht wahrgenommen. Das Gerät wird bei Kälte den Heizer einschalten und dann ewig laufen lassen, da die Erwärmung der Luft in der Umgebung des Thermostates nicht in gleichen Umfang stattfindet wie in einem geschlossenen Raum. Sollte ein Mensch die Funktion des Thermostates, also das Ein- und Ausschalten der Wärme übernehmen, so würde er wahrnehmen, dass die Heizung im Garten aufgestellt wurde. Er könnte mittels Information aus seinem Gedächtnis den logischen Schluss ziehen, dass es keinen Sinn macht, die Heizung einzuschalten. Sollte er diese hierzu erforderliche Information noch nicht besitzen, so kann er selbst zu der Erkenntnis gelangen, dass er sinnlos ist, eine Heizung im Garten einzuschalten und anschließend eine Entscheidung treffen, die Heizung wieder abzuschalten.

Was bei diesem einfache Steuer- und Regelmechanismus noch trivial klingt, wird jedoch komplizierter je komplexer die Maschine mit intelligentem Verhalten ist. So kann unser Schachcomputer auf Information in seinem „Gedächtnis“ zurückgreifen, in dem bekannte ähnliche Stellungen und deren Lösungen gespeichert sind. Er kann sich auch die Verhaltensweise und Schachzüge seines Gegners „merken“ und seine Strategien daran anpassen. Dagegen würde er nicht auf die Idee kommen, darum zu bitten, die Rollos im Raum herunterzulassen, weil ihn oder seinen menschlichen Gegenspieler die Sonne irritieren könnte. Der Schachcomputer nimmt nur die 64 Felder des Schachbretts wahr, die Positionen seiner eigenen Figuren und die des Gegners. Er besitzt intern gespeicherte Information, wie die Regeln des Schachspiels, eine Sammlung intelligenter Kombinationen von Zügen und er kann Information über die Züge seiner Gegner sammeln. Er sieht das Schachbrett nicht als Bild, sondern als mathematische Matrix und es ist ihm völlig egal, ob man das Brett umdreht oder auf die Kante stellt, da er dies gar nicht wahrnimmt. Diese Fähigkeiten reichen allerdings aus, um einen menschlichen intelligenten Gegner zu schlagen. Die Frage ist also, ob der Schachcomputer selbst bereits intelligent ist, oder ob er nur das intelligente Verhalten, das ihm seine Programmierer vermittelt bzw. befohlen haben, an den Tag legt. Wenn ein Schachcomputer seinen menschlichen Gegner und sogar den Weltmeister schlägt, so bedeutet das auch nicht, dass er selbst oder seine Programmierer intelligenter sind als der Gegner, sondern nur das der Schachcomputer aufgrund seiner überlegenen Verarbeitungskapazität ein besseres Resultat erzielen konnte.

Man könnte sich nun fragen, ob eine Maschine mit intelligentem Verhalten zu neuen Erkenntnissen kommen kann. Wenn man Resultate von logischem Schließen bereits als neue Erkenntnisse bezeichnen würde, so gibt es hierfür Beispiele von Expertensystemen, die anhand einer Sammlung von Regeln, die Wahrheitswerte von Hypothesen dynamisch anhand dieser Regeln ermitteln können. Man könnte aber noch einen Schritt weitergehen und nach neuen Erkenntnissen fragen, die nicht unbedingt in dem den Systemen durch ihren Designer vorgegebenen Lösungsbereich liegen.

Wer den Film Kriegsspiele oder War Games kennt weiß, dass hier zwei Computer die Kontrolle der Atomraketen übernommen haben und nun gegenseitig die Kriegslage eskalieren. Der Mensch ist nicht mehr in der Lage die Computer zu stoppen, um so die nukleare Katastrophe zu verhindern. Der einzige Ausweg aus der Lage ist, dass die Computer selbst zu der Erkenntnis gelangen, dass keiner von beiden den Krieg gewinnen kann. Die Lösung aus dem Dilemma ist, dass man die Computer Tic Tac Toe gegeneinander spielen lässt. Hierbei setzt man in eine Matrix von neun Feldern abwechselnd sein Zeichen ein Kreuz oder einen Kreis. Wer zuerst drei Zeichen in einer Reihe hat, hat gewonnen. Für

dieses Spiel gib es jedoch immer eine Strategie, nicht zu verlieren. Das bedeutet gleichzeitig aber, das man auch nicht gewinnen kann, wenn der Gegner diese Strategie auch kennt und keinen Fehler bei ihrer Anwendung macht. Gut, der Film geht so aus, dass die Computer stundenlang und immer schneller Tic Tac Toe gegeneinander spielen und in letzter Sekunde zu der Erkenntnis gelangen, das Weiterspielen sinnlos ist. Mit dieser neuen Erkenntnis können sie dann auch ihr Kriegsspiel abbrechen.

Nur ein Film, oder sind Maschinen zu so etwas fähig? Bisher haben die Soldaten aus Splinter Cell, Battlefield 2 oder Call of Duty selbst nach Millionen Einsatzstunden und Millionen unterschiedlicher menschlicher Gegner ihre Waffen nicht niedergelegt und Frieden mit den Spielern geschlossen. Aber das hat ihnen auch keiner befohlen oder besser gesagt: Sie sind nicht dafür programmiert worden. Dies gibt uns einen Teil der Antwort. Sollte eine Maschine wie ein Computer die Information besitzen, wie die Spieltheorie funktioniert und den Auftrag bzw. (Programm)Befehle besitzen Spiele auf Gewinn- oder Pattstrategien zu analysieren und darauf entsprechend zu reagieren, so kann sie selbstverständlich zur Erkenntnis gelangen, dass ihr momentanes agieren sinnlos ist und damit aufhören.

Die Frage mutiert in diesem Fall zu folgender Variation: Kann eine Maschine die fehlende Information, aus der eine neue Erkenntnis entstammen kann, selbst produzieren?

Hier schließt sich so langsam wieder der Kreis zur Evolution. Darwin und Dawkins sagen, dass die fehlende Information durch einen evolutionären Prozess mittels zufälliger Variation und natürlicher Selektion erzeugt werden kann. Das würde dann auch auf evolutionäre Algorithmen in einem Computer zutreffen.

Wie sieht es aber in Wirklichkeit mit den Resultaten solcher evolutionärer Algorithmen aus? Wir hatten bereits in einem früheren Kapitel einen solchen Algorithmus im Detail diskutiert: Dawkins Weasel.

Buchstaben wurden zufällig mutiert und mittels einer Fitnessfunktion selektiert. Das Ergebnis konvergierte unter gewissen Voraussetzungen gegen den Satz „METHINKS IT IS LIKE A WEASEL“ aus Shakespeares Hamlet. Allerdings konnten wir sehen, dass speziell dieser Algorithmus und die beschriebenen Varianten keine neue Information generierten. Es ging alles mit rechten Dingen zu, wenn ein Zufallsgenerator die vorhandenen Zeichen zufällig variierte, ohne gezielt die richtigen Zeichen zu produzieren oder heimlich hineinzumogeln. Die bei der zufälligen Variation fehlende Information war jedoch in der Fitnessfunktion vorhanden, die den Zielsatz kannte und damit den Prozess steuerte. Wir hatten dabei festgestellt, dass der endgültige Beweis für Darwins und Dawkins Theorie ein Programm

fordern würde, dass diesen Zielsatz gar nicht enthält, ihn aber trotzdem produzieren kann. Diese Weasel 5.0 genannte Version hat bisher noch niemand vorlegen können.

Aber ist es nicht sonst jemand bei Versuchen mit evolutionären Algorithmen gelungen, etwas Ähnliches zu produzieren? Es muss ja nicht der Satz aus Hamlet sein. Ausreichend wäre ein Algorithmus der einen Zuwachs an Information produzierte bzw. die Komplexität der Objekte, die ein Lebewesen simulieren, erhöhte.

Richard Dawkins selbst wählt in seinem Buch „Der blinde Uhrmacher“, die kumulative Selektion anhand eines anderen Modells anstelle seines Weasels weiterzuführen. Hier lässt er seinen Computer grafische Figuren, die er Biomorphe nennt, in einem evolutionären Algorithmus erzeugen und sich weiterentwickeln. Die dabei entstehenden Figuren erinnern tatsächlich an Objekte aus der biologischen Welt, die sich verändern oder sogar weiterentwickeln. Was aber für den Betrachter dieser Biomorphe auf den ersten Blick beeindruckend erscheint, hat seine Ursachen nicht unbedingt im evolutionären Prozess selbst, sondern in einer Intelligenz, die Dawkins selbst, wie man lesen kann, in den Algorithmus hineingepackt hat: Er hat eine Symmetrie hineinprogrammiert, die alle Veränderungen spiegelverkehrt dupliziert und zu einer Figur zusammensetzt. Symmetrie ist eine der signifikantesten Eigenschaften vieler Lebewesen: zwei Augen, zwei Beine, zwei Arme und vieles mehr. So ist man leicht dem Trugschluss aufgesessen, dass der Computer auf dem Bildschirm wirklich den Prozess der biologischen Evolution nachbildet. Deckt man allerdings die eine Hälfte von Dawkins Biomorphen ab, so ist das Resultat weniger imponierend. Gewisse Muster oder Regelmäßigkeiten, die dann immer noch entdeckt werden können, sind mit großer Wahrscheinlichkeit darauf zurückzuführen, dass Dawkins mit Pseudozufallszahlen statt mit echten Zufallszahlen gearbeitet hat, denen eine eigene Periodizität mitgegeben ist, wodurch die Wiederholung (pseudo-)zufälliger Muster vorprogrammiert ist.

Aber sehen wir uns weiter um, es gibt eine Reihe erstzunehmender Versuche von verschiedenen Wissenschaftlern. Zunächst einmal benutzen alle einen Computer zur Simulation, da wie wir wissen, die Evolution astronomisch viel Zeit benötigt, sodass Experimente in der Realität weitgehend ausgeschlossen sind.

Man findet eine Reihe von Computersimulationen, wenn man im Internet danach sucht. Das Problem mit diesen ist, dass es welche gibt, von denen man behauptet, dass sie den Beweis erbracht haben, dass die Evolution genauso funktioniert, wie Darwin sie beschrieben hat, während andere behaupten sogar den Gegenbeweis erbracht zu haben.

Beide Seiten haben natürlich die Programme der Gegenseite unter die Lupe genommen und nach Fehlern gesucht. Grundsätzlich sind die Programme einwandfrei, genauso wie Dawkins Weasel, was zufällige Variation und Vererbung betrifft. Die große Frage ist und bleibt, ob mittels der Fitnessfunktion, die die programmtechnische Selektion steuert, bewusst oder unbewusst zusätzliche Information eingeschleust wird. Wo geht hierfür, die Grenze? Ist eine Funktion, die die Anzahl von Fehlern zählt zulässig oder nicht, da sie ja bereits die Information enthält, was ein Fehler ist?

Wir können hier leider keine zufriedenstellende Antwort erhalten, wenn wir das Problem objektiv angehen. Ein Programmier kann in Prinzip das Ergebnis erzielen, das er anstrebt. Wie weit sein programmtechnisches Erklärungsmodell, dann allerdings der Wirklichkeit entspricht, ist eine andere Frage, die mit solchen Programmen selbst nicht erklärt werden kann. Computersimulationen evolutionärer Prozesse haben daher ihre Attraktivität bei der Beweisführung von Hypothesen zur Evolution stark eingebüsst.

Aber haben denn reale Experimente statt Simulationen nicht mehr Licht auf den Sachverhalt werfen können? Richard Lenski, Professor an der Michigan State University führt seit 1988 Langzeitexperimente mit E-Coli Bakterien, also gewöhnlichen Darmbakterien durch. Diesen setzt er in eingeschränktem Umfang ihre bevorzugte Nahrung, eine Kohlenstoffquelle, Glukose vor und in unbegrenzten Umfang Citrat, das die Bakterien zwar als Kohlenstoffquelle verwenden könnten, das aber, da sie damit nicht wachsen können, als Kohlenstoffquelle ungeeignet ist.

Es erfolgen keinerlei zusätzliche Maßnahmen, wie erhöhte Strahlung oder Zuführung mutationsfördernder Chemikalien, die die Anzahl der Mutationen erhöhen. Lange Zeit und tausende von Generationen passierte nicht viel, was Aufsehen hätte erregen können. 20 Jahre später, im Jahre 2008 nach 31500 Generationen von 12 parallel laufenden Versuchsreihen, war es einer Population von Bakterien gelungen, Citrat als Kohlenstoffquelle zu verwenden. Setzt man die Zeit für eine Generation Bakterien in Relation zu einer Generation Menschen, so hätte der Mensch etwa 700 000 Jahre gebraucht um sich an eine neue Nahrungsquelle anzupassen. Eine Parallele zum Menschen lässt sich auch finden. Erst vor etwa 10 000 Jahren begann der Mensch eine Laktoseunverträglichkeit, von der die Erwachsenen betroffen waren, abzulegen. Bis heute gibt es noch immer viele erwachsene Menschen die Milch und Milchprodukte nicht vertragen.

Das Experiment hat aber gezeigt, das Darwins Mechanismus funktioniert. Es zeigt uns aber auch, dass es enorme Zeiträume in Anspruch nimmt einen relativ kleinen Schritt in der Evolution zu tun. Es ist keinesfalls so, wie Dawkins Weasel 1.0 uns vermitteln will so, dass

unter geeigneten gegebenen Rahmenbedingungen die kumulative Selektion greift und der Evolution die enorme Geschwindigkeit verleiht, auf die Dawkins und andere ihr neues Erklärungsmodell zur Evolution stützen. Von einer Erhöhung des Komplexitätsgrades von Lenskis E-Coli Bakterien kann vermutlich noch lange keine Rede sein.

Lenski ist auch in der Programmierung evolutionärer Algorithmen sehr erfahren. In seinen eigenen Simulationen mit dem oft zitierten Programm AVIDA werden solche Veränderungen, wie er sie in der Realität nach 20 Jahren und 31500 Generationen erzielt, in wenigen hundert Schritten also genau wie bei unseren Weasel Algorithmen erreicht. Auch dies kann als Indikator dafür gewertet werden, dass es zweifelhaft ist und nicht beurteilt werden kann, ob evolutionäre Algorithmen ein brauchbares Erklärungsmodell der Wirklichkeit darstellen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass nicht geklärt ist, inwieweit mathematische Modelle und Computersimulationsmodelle im Allgemeinen relevante Information über biologisch evolutionäre Prozesse liefern können.

Eine weitere Frage, die nicht mit dem Ausflug in die künstliche Intelligenz geklärt werden konnte, ist es, ob völlig neue Information von einem solchen Prozess erzeugt werden kann oder ob vermeintlich neue Information nur dadurch zu Tage tritt, das bereits vorhandene Information neu arrangiert, bewertet und präsentiert wird.

Ein weitere Frage, die in diesem Zusammenhang aufgetaucht ist, lautet: Was ist denn der Unterschied zwischen intelligentem Verhalten und Intelligenz? Beide Begriffe sagen zunächst einmal aus, dass Intelligenz im Spiel ist. Der Unterschied ist, dass das Objekt oder Individuum, das sich intelligent verhält, nicht unbedingt die Intelligenz die zu dieser Art von Verhalten führt, selbst besitzt.

Es ist intelligent, eine Strasse erst zu überqueren, wenn man sich durch nach rechts und nach links schauen überzeugt hat, dass kein Auto kommt. Ein solches Verhalten ist aber normalerweise nicht instinktiv, sondern hat andere Ursachen. Man kann es freiwillig erlernt haben, indem man andere mehr erfahrene Individuen nachahmt oder das andere Individuum hat diese Verhaltensweise erklärt und befohlen. In diesen Fällen handelt es sich um intelligentes Verhalten.

Man kann aber auch selbst durch Erfahrung, wenn man schon mehrfach beim Überqueren der Strasse fast von einem Auto erwischt wurde, zu der Erkenntnis gelangen, dass man sich erst vergewissert, dass kein Auto kommt, bevor man losrennt. Eine andere Alternative wäre es, wenn man mit dem Straßenverkehr in einer unbekanntem Umgebung nicht vertraut ist, durch logisches Schließen aus bekannten Fakten und aktuell bewusst wahrgenommenen Informationen, selbst zu der Erkenntnis zu gelangen, dass man sich besser erst

vergewissert, ob die Strasse frei ist. Wenn das Individuum die Information für das intelligente Verhalten in dieser Situation produziert hat, so ist das Intelligenz – bzw. individuelle, persönliche Intelligenz.

Natürlich gibt es auch unintelligentes Verhalten. Hierzu zählen instinktives Verhalten und emotionelles Verhalten. Hier ist von Verhaltensweisen die Rede, die nicht aufgrund der Anwendung von kognitiven Fähigkeiten erfolgen. Das besagt nicht unbedingt, dass intelligentes und unintelligentes Verhalten sich auf unterschiedliche Art und Weise äußern müssen und zu unterschiedlichen Resultaten führen. Es kann durchaus intelligent erscheinen, wenn jemand instinktiv seine Hand von einer heißen Herdplatte wegzieht. Genauso kann jemand emotionell den Kauf von Aktien beschließen, und der Erfolg eines solchen Kaufes lässt eine verstandesgemäße intelligente Entscheidung für den Kauf vermuten. Ebenso können instinktive oder emotionelle Handlungen aus Sicht des Verstandes oder der Vernunft als unvernünftig und damit unintelligent erscheinen. Die Lemminge, die sich in manchen Jahren instinktiv ins Meer stürzen, sind ein bekanntes Beispiel hierfür. Aber man kann sich auch unintelligente Verhaltensmuster durch Nachahmung aneignen oder unintelligenten Befehlen Folge leisten.

Offensichtlich ist es für einen Beobachter eines Individuums oder eines Objektes schwer zu unterscheiden, ob die Intelligenz die intelligentes Verhalten produziert, die Intelligenz des Individuums selbst ist. Nur in diesem Falle würden wir es als intelligent bezeichnen, während rein intelligentes Verhalten das seine Quelle bei einem anderen intelligenten Individuum hat, nicht als individuelle Intelligenz bezeichnet werden kann. Bei Maschinen spricht man auch von schwacher künstlicher Intelligenz, die intelligentes Verhalten simuliert und starker künstlicher Intelligenz die individuelle Intelligenz der Maschine nachweist.

Schwache künstliche Intelligenz ist heute eine Eigenschaft, die Bestandteil von unterschiedlichsten Maschinen oder Computerprogrammen ist. Das fängt mit einfachen Steuer- und Regelmechanismen an und endet bei Expertensystemen, die bei der Fehlersuche und Problemlösung von technischen Systemen oder sogar bei der Diagnose von Krankheiten gute Dienste leisten.

Dagegen ist nicht geklärt, ob es bereits Maschinen gibt, die starke künstliche Intelligenz aufweisen. Erinnern wir uns an Alan Turing und den nach ihm benannten Turing Test. Um diesen Test zu bestehen muss das Verhalten der Maschine und das Verhalten einer Person vom Tester, der nicht weiß, wer von beiden auf seine Fragen antwortet, soweit übereinstimmen, das man die Maschine nicht mehr identifizieren kann. Es ist seit langer Zeit

ein Preis, der Loebner Preis, auf eine solche Maschine, die den Turing Test besteht, ausgesetzt. Bisher hat noch niemand das Preisgeld ausgezahlt bekommen.

Die Euphorie der achtziger Jahre, was künstliche Intelligenz betrifft, ist stark abgeklungen. Prognosen, die die Väter der künstliche Intelligenz aufgestellt hatten, wurden nur in begrenztem Umfang erfüllt.

Wieder können wir uns fragen, wo die Grenze geht. Wann ist ein Objekt intelligent und wann zeigt es nur intelligentes Verhalten? Wann wird aus einem simulierten intelligenten Verhalten ein Bewusstsein? Kann eine solche Grenze wirklich überschritten werden, wodurch Huxleys Maschinenlebewesen Realität würde?

Es ist das gleiche Problem, mit dem man sich bei der Entwicklung höchst komplexer technischer Systeme wie, Kampfflugzeugen der 5ten Generation, einem Nachfolger des Space Shuttles oder einer umweltfreundlichen Lösung für den Antrieb der Autos der Zukunft konfrontiert sieht: Die zu lösenden Probleme wachsen dramatisch an, je näher man an das Ziel herankommt.

Sollte man jedoch wirklich diese Grenze überwinden können, so hätte dies für die geltenden Erklärungsmodelle der Wissenschaft dramatische Konsequenzen. Der Unterschied zwischen simulierter Intelligenz und individueller Intelligenz würde verschwinden. Intelligenz wäre dann nämlich nicht länger individuell d.h. an ein Individuum gebunden. Die Väter der künstlichen Intelligenz Allen Newell und Herbert Simon wollen ihre Hypothese beweisen, dass ein Gehirn für Intelligenz nicht erforderlich ist oder wie sie es ausdrücken: Intelligenz ist Geist, der sich in einer beliebigen Art strukturierbarer Materie manifestiert. Intelligenz wäre damit unabhängig von einer Trägersubstanz und damit auch nicht an eine lebende biologische Substanz gebunden. Sie könnte ferner von einer Substanz in eine andere kopiert bzw. umkodiert werden. Damit könnte Intelligenz, Wissen und sogar das Bewusstsein den biologischen Tod eines Individuums überleben.

Für jemanden, der sich der offiziellen Lehrmeinung und den reinen Naturwissenschaften verpflichtet fühlt, sind aber hier auch die Grenzen für eine wissenschaftlichen Diskussion erreicht. Solange Begriffe wie Geist und Information (noch) nicht ausreichend in die allgemeinen Erklärungsmodelle integriert sind, betreten wir hier den Bereich der Spekulation, die uns allerdings zahlreiche Ansätze für ein Umdenken liefern würde.

Aber kehren wir lieber zurück an die Grenzen der heutigen Naturwissenschaften und bewegen wir uns dort auf einem Boden, der sich auf der Basis von Begriffen wie Materie, Energie und Information erklären lässt. Versuchen wir von dieser Seite der Grenze aus einen Blick auf oder hinter die Grenze zu werfen.



Hier sehen wir drei wichtige Fragen vor uns, deren Beantwortung uns bei der Beurteilung aktueller und der Entwicklung neuer Erklärungsmodelle den Schlüssel liefern könnte. Diese sind miteinander verwandt und haben die gleiche Problematik. Diese Fragen sind:

- Wann und wie wird aus einer Struktur von Materie Leben?
- Wann und wie wird aus simuliertem intelligenten Verhalten ein Bewusstsein?
- Welchen Einfluss hat Information mit Bedeutung neben struktureller Information auf die Evolution?

Im nächsten Kapitel werden wir uns eingehend mit möglichen Antworten auf diese Fragen befassen. Wir werden uns die Antworten ansehen, die die Naturwissenschaften uns anbieten, und wir werden Antworten betrachten, in denen der Begriff Information neben Materie und Energie mit ins Spiel kommt. Zusätzlich werden wir auch alternative Antworten betrachten, die nicht der aktuellen Lehrmeinung entsprechen, aber am Ende des Kapitels in einen neuen Licht erscheinen können.

Am Ende können wir dann besser beurteilen, in wie weit Darwins und Dawkins Erklärungsmodelle die Realität widerspiegeln und in welcher Form diese Modelle ergänzt und erweitert werden sollten.

### *Die Entstehung von Leben*

#### *Was ist eigentlich Leben?*

Um die Erklärungen zur Entstehung von Leben verstehen und beurteilen zu können, muss man zunächst verstehen, was mit Leben gemeint ist. Eine exakte Definition gibt es nicht. Man definiert stattdessen eine Reihe von Eigenschaften, die belebte Materie von unbelebter Materie unterscheiden. Dies sind:

Energieaustausch mit der Umwelt,

Austausch von Substanzen mit der Umwelt,

Austausch von Information mit der Umwelt,

Wachstum,

Reproduktion bzw. Fortpflanzung und

Reaktion auf Veränderungen der Umwelt.

Diese Definition lässt reichlich Spielraum zur Interpretation. Sie lässt es zu, dass Leben nicht nur auf der und für alles Leben bekannten chemischen Grundlage von Nucleinsäuren DNA und RNA entsteht, sondern auch eine völlig andere chemische Basis haben kann, als alles Leben auf der Erde.

Wie aber entsteht Leben aus unbelebter Materie, und wo geht die Grenze zwischen beiden?

Zunächst einmal geht die offizielle Lehrmeinung davon aus, dass das Leben auf der Erde entstanden ist. Damit das möglich war, mussten eine Reihe von Grundvoraussetzungen für die Entstehung des Lebens gegeben sein.

Eine dieser Grundvoraussetzungen ist die Existenz von Wasser, denn es weist eine Reihe von Eigenschaften auf, die für die Entstehung und Existenz von Leben besonders wichtig sind. So ist Wasser ein sehr geeignetes Medium für chemische Reaktionen, und es ist in einem Temperaturbereich flüssig, in dem organische Moleküle überleben können. Wasser filtert die besonders für große Moleküle zerstörerische ultraviolette Strahlung der Sonne, und es ist perfekt zur Speicherung von Wärme geeignet.

Die zweite wichtige Voraussetzung für Leben ist die Existenz einer Atmosphäre. Die Atmosphäre zur Zeit der Entstehung des Lebens hatte sicher eine andere Zusammensetzung als die Atmosphäre, die wir heute vorfinden. Ein hoher Sauerstoffanteil war nicht gegeben, da der Sauerstoff erst nach der Entstehung des Lebens durch organische Prozesse freigesetzt wurde. Man geht heute von einer Uratmosphäre aus, die vorwiegend aus Wasserdampf, Kohlendioxid, Schwefelwasserstoff, Ammoniak und Methan bestand.

Die dritte Voraussetzung ist die Zufuhr von Energie. Hier standen verschiedene Alternativen zur Verfügung wie Sonnenstrahlung, Erdwärme, die durch vulkanische Prozesse an die Oberfläche gelangt, radioaktive Strahlung sowie elektrische Entladung bei Gewittern.

Die vierte Voraussetzung ist die Existenz anorganischer Stoffe, aus denen sich die organischen Moleküle bilden können. Man geht davon aus, dass hierfür Kohlenstoff, Schwefel und Phosphor zur Verfügung standen, die gleichzeitig in verschiedenen chemischen Verbindungen auftraten wie Kohlendioxid, Methan, Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Sulfat und Phosphat.

## *Ursuppe und Grundbausteine des Lebens*

In den zwanziger Jahren des vorigen Jahrhunderts stellten Wissenschaftler die Hypothese auf, dass auf der Erde vor etwa drei Milliarden Jahren genau diese Bedingungen herrschten und die Voraussetzung zur Entstehung organischer Moleküle damit gegeben war.

Man hat Versuche unternommen, diese Voraussetzungen unter Laborbedingungen zu erzeugen und so Experimente zur Entstehung des Lebens durchgeführt. Das bekannteste ist der Versuch von Stanley Miller der 1953 daran ging diese Hypothese experimentell zu beweisen. Er erzeugte eine Mischung aus den oben angegebenen Komponenten, die wir heute gern als Ursuppe bezeichnen und füllte sie zusammen mit einer Atmosphäre aus den oben angegebenen Gasen in einen Glaskolben. Dann führte er Energie in Form von elektrischen Entladungen zu. Die anschließende Analyse der Ursuppe brachte uns der Erklärung zur Entstehung des Lebens ein großes Stück näher. In der Ursuppe fand Miller nun auch einfache organische Moleküle, die als Grundbausteine des Lebens angesehen werden. So entdeckte er Aminosäuren, sowie Kohlen und Fettsäuren. Spätere Wiederholungen des Versuches durch andere Wissenschaftler konnten weitere komplexe organische Verbindungen nachweisen, wie Adenin, das einer der Bausteine der RNA ist, die sich in allen lebenden Organismen findet und als eine der zentralen Komponenten für die Existenz von Leben angesehen wird. Schließlich gelang es, alle zwanzig Aminosäuren, aus denen die Lebewesen ihre Proteine synthetisieren, zu erzeugen.

Aber wie weit ist man der Grenze zur belebten Materie damit nähergekommen? Man hat offensichtlich einen entscheidenden Schritt in die richtige Richtung getan, der die Wissenschaft weiter gebracht hat. Bis aber aus den 20 Grundbausteinen des Lebens wirklich Leben entsteht, ist es noch ein viel weiterer Weg, als dass aus 26 Buchstaben Shakespeares Hamlet entsteht.

In Anlehnung an Dawkins Weasel können wir uns jetzt vor Augen halten, was wir mit 20 Aminosäuren statt 26 Buchstaben zusammenpuzzeln müssen. Der menschliche Körper besteht aus etwa 200 000 verschiedenen Aminosäureketten, die ca. 100 bis 300 Glieder haben. Das Weasel bestand aus einer einzigen Kette mit 27 Gliedern. Genauso wie man für den Satz „METHINKS IT IS LIKE A WEASEL“ die Zeichen in eine korrekte Reihenfolge bringen muss, so gilt dies auch für die Aminosäureketten des menschlichen Körpers. Die Wahrscheinlichkeit, dass so eine Reihenfolge zufällig entsteht, liegt nicht nur jenseits der Grenzen für den Zufall, die wir in einem früheren Kapitel ermittelt hatten, sondern jenseits unserer Vorstellungskraft. Der Mathematiker und Astronom Fred Hoyle hat dennoch in seinem Buch „Evolution from Space“ versucht, uns eine Vorstellung hiervon zu geben, die

ich auch hier verwenden möchte. Um die Zahl  $1$  hoch  $120$ , die die Grenzen des Zufalls repräsentiert als Zahl aufzuschreiben, benötige ich ungefähr zwei Zeilen in diesem Buch. Die Zahl, die die Wahrscheinlichkeit für die zufällige Entstehung der  $200\,000$  Aminosäuren repräsentiert, würde auf die gleiche Weise aufgeschrieben am Anfang eine Eins haben und dann ca.  $50$  ganz normale Taschenbücher mit Nullen füllen.

Man kann nun natürlich argumentieren, dass nicht alle Aminosäureketten eine genau vorgeschriebene Reihenfolge benötigen, sondern, dass der Körper in vielen Fällen einfach das verwendet, was er vorfindet. Geht man aber wie Fred Hoyle auf solche Argumente ein und beschränkt sich nur die Enzyme als Untermenge der Aminosäureketten, die aufgrund spezifischer Aufgaben eine gewisse Reihenfolge verlangen, so landet man immer noch bei  $16$  Seiten mit Nullen.

Häufig wird dann argumentiert, dass ja nicht der Zufall, sondern die Evolution, also Darwins Mechanismus oder sogar Dawkins kumulative Selektion, die Aminosäureketten aufbaut und Hoyles Kalkulation deshalb nicht relevant sei. Man vergisst dabei leicht, dass Darwins Mechanismus und Dawkins kumulative Selektion nur für Lebewesen gelten, die die oben aufgeführten Eigenschaften für lebende Materie erfüllen müssen, damit ein evolutionärer Prozess funktionieren kann. Ein evolutionärer Prozess für nicht lebende Materie wie unsere Aminosäureketten, beispielsweise eine chemische Evolution, ist nicht bekannt.

Versuche bei der Argumentation zusätzliche Faktoren einzubringen, die eine Beschleunigung des zufälligen Prozesses erreichen, leisten bei den vorhandenen Dimensionen keinen durchgreifenden Beitrag. Man versucht z.B. in seiner Argumentation die Chancen zu vergrößern, indem man die Ausgangsmenge der Ursuppe vervielfacht, mehr Zeit gewinnt, indem man die Entstehung des Lebens versucht im Weltall anzusiedeln, was uns  $13,5$  statt drei Milliarden Jahre für die Entstehung des Lebens geben würde, oder indem man argumentiert, dass gewisse Aminosäuren fester zusammenhalten als andere, sobald sie sich einmal gefunden haben. Fred Hoyle zeigt in seiner Kalkulation, dass alle Faktoren zusammengenommen nicht mehr als zwanzig Zeilen von Nullen auf der letzten Seite eliminieren können.

### *Das fehlende Glied zwischen belebter und unbelebter Materie?*

Der Chemiker und Molekularbiologe Graham Cairns-Smith hat eine Hypothese aufgestellt, bei der lösliche Tonminerale das fehlende Glied zwischen unbelebter und belebter Materie darstellen könnten. Die Hypothese besagt, dass diese Tonminerale sich in Form von löslichen Silikaten an einander ablagern. Dabei wachsen sie und behalten gleichzeitig ihre Struktur. Die Tonminerale trocknen an der Luft, wodurch die größeren Strukturen wieder in kleinere zerfallen. Diese werden vom Wind verbreitet und können anschließend jedes für sich wieder zu neuen größeren Strukturen anwachsen. Abhängig davon, wie sie sich an ihre aktuelle Umwelt bzw. dem Untergrund auf dem sie stehen angepasst haben, entwickeln sie Eigenschaften, die ihrer Verbreitung mehr oder weniger förderlich sind. Damit wäre ein Ausgangspunkt für einen evolutionären Prozess mit unbelebter Materie gefunden, die sich den Eigenschaften belebter Materie soweit angenähert hat, dass der evolutionäre Prozess starten kann. Im Laufe des Prozesses könnten die Tonkristalle spezielle Moleküle an sich binden, die sich über proto-organische Moleküle zu organischen Molekülen entwickeln könnten.

Diese Hypothesen sind jedoch weder experimentell bewiesen, noch werden sie in der Wissenschaft als Theorie anerkannt.

### *Erhöhung der Ordnung und ihre Erhaltung durch eine intellektuelle Leistung?*

Gehen wir zunächst davon aus, dass das Leben mit einer einfachen Urzelle begann. Aber sehen wir uns auch noch an, was eine einzelne Zelle als Beginn des Lebens als wichtigste Aufgaben leisten muss. Ihre Grundbausteine des Lebens müssen eine bestimmte höhere Ordnung einnehmen, als wie sie die Umwelt außerhalb der Zelle zusammenbringt. Damit diese Ordnung aber nicht von der geringeren Ordnung der Umgebung nach dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik wieder „verwässert“ wird, muss sich die Zelle von der Umgebung abkapseln. Hierzu besitzt sie eine sie vollständig umgebende Zellmembran, die sie abschirmt. Da eine lebende Zelle aber ständig Energie benötigt, kann sie nur überleben, wenn ihr aus ihrer Umgebung ständig Energie zugeführt wird. Deshalb steht eine Zelle trotz abschirmender Zellmembran im ständigen Austausch mit der Umwelt. Aber der Zellmembran kommt dabei eine wichtige Aufgabe zu. Sie muss Nährstoffe und Stoffe zum Aufbau einer Zelle hereinlassen, aber gleichzeitig schädliche und giftige Stoffe herausfiltern. Umgekehrt muss sie die lebenswichtigen Stoffe innerhalb der Zelle dort belassen, während sie

Abfallstoffe, die beim Energieverbrauch entstehen, herauslassen muss.

Diese Aufgabe lässt sich nicht einfach lösen. Man könnte auf die Idee kommen, eine Membran wie eine Art Sieb zu bauen. Aber die Größe der erlaubten und verbotenen Stoffe erlaubt es, so einfach eine Trennung vorzunehmen.

Die Zellwand ist deshalb vor die Aufgabe gestellt, die einzelnen auf sie einströmenden Stoffe zu erkennen, sie zu unterscheiden und diejenigen zu wählen, die durchgelassen werden sollen. Dies aber sind genau die Eigenschaften die wir bereits als intellektuelle psychische Leistung erkannt hatten. Nun könnte man auf den Gedanken kommen, dass ich für einen vermuteten rein mechanistischen und zufälligen Prozess das Vokabular eines zur Beschreibung ungeeigneten Fachgebiets benutzt habe. Aber mit rein mechanistischen Begriffen gelingt es mir nicht, das Phänomen zu beschreiben.

Da bedeutet jetzt nicht unbedingt, dass die Zellmembran selbst intelligent ist, aber das bei ihrer Entstehung Intelligenz im Spiel gewesen sein muss. Wer mit so einem Lösungsansatz nicht einverstanden ist, dem bleibt nach dem Lehrsatz des ewig tippenden Affen immer noch der Zufall. Aber die zufällige Entstehung von Leben wird durch diesen Faktor noch unwahrscheinlicher.

### *Der weite Weg zum Ziel*

Aber selbst wenn wir diesen Schritt in Richtung Grenze zur belebten Materie getan hätten, so liegt das Ziel immer noch in weiter Ferne. Im nächsten Schritt müssen die Aminosäureketten zu lebenden Zellen organisiert werden, in denen sie eine große Anzahl höchst spezialisierter molekularer Maschinen bilden, die das Leben einer Zelle organisieren. Sie bauen und reparieren die Zellmembran, z, die erschneiden und setzen Erbsubstanz zusammen und kopieren diese. Sie transportieren Nährstoffe hin und her, die sie aus der Umwelt beziehen, in Energie umwandeln und deren Restprodukte wieder an die Umwelt abgeben. Weiter übertragen sie Information in Form von chemischen, elektrischen oder mechanischen Signalen.

Es ist leicht zu erkennen, welche enorme Aufgabe Darwins Mechanismus erfüllen muss, nachdem es ihm gelungen ist die Bauteile der molekularen Maschinen in Form von Enzymen zu bilden, damit in weiteren Schritten ohne Eingriff eines intelligenten Agenten ein so komplexes lebensfähiges System entsteht.

Fred Hoyle hat einmal den Komplexitätsgrad einer einfachen Hefezelle mit der einer Boeing 747 verglichen. Damit so etwas durch Zufall entstehen kann, hatte er gemeint, dass man einen solchen Zufall damit vergleichen könnte, dass ein Tornado über einen Schrottplatz fegt

und eine funktionsfähige Boing 747 hinterlässt. Damit stößt er dann auf die Kritik den Effekt einer kumulativen Selektion zu ignorieren. Der aber greift erst, wenn es sich um belebte Materie handelt und nicht, wenn es uns erst gelungen ist, die Grundbausteine belebter Materie zu produzieren.

Man versucht deshalb, von möglichst einfacher lebender Materie auszugehen, die sich dann durch einen evolutionären Prozess zu dem oben angesprochenen Komplexitätsgrad weiterentwickeln kann. Im Zentrum der aktuellen Forschung steht hierbei die RNA. Man nimmt hierzu an, dass den heute auf Proteinen basierenden lebenden Zellen ein Leben vorausgegangen ist, das auf RNA basierenden Protozellen aufgebaut war. Diese waren in der Lage sich selbst zu reproduzieren und schafften damit die Voraussetzung, dass ein evolutionärer Prozess in Gang kommen konnte, der sich weiterentwickelte, bis eine Zelle schließlich in der Lage war Proteine zu erzeugen, womit das Leben in der heutigen Form beginnen konnte.

Diese Hypothese löst eine weitere Reihe von Problemen auf dem Detailniveau, aber auch mit diesem Lösungsansatz ist man noch weit vom Ziel entfernt.

### *Schwarze Raucher und Weiße Türme*

Immer mehr Wissenschaftler kommen zu dem Ergebnis, dass die Hypothese einer Ursuppe, in der das Leben entstand, in eine Sackgasse führt, und man sucht nach neuen Ansätzen.

1988 präsentierte der Münchener Patentanwalt Günter Wächtershauser eine neue Hypothese zur Entstehung des Lebens auf der Erde. Er konnte nachweisen, dass sich die Grundbausteine des Lebens in der Umgebung von Tiefseevulkanen, so genannten Schwarzen Rauchern, durch chemische Reaktion an der Oberfläche von Eisen-Schwefel Mineralien bilden konnten. Diese Theorie hatte gleich mehrere Vorteile gegenüber Millers Ursuppe. Zum einen erbot die Entstehung des Lebens auf dem Grund der Urozeane wesentlich mehr Zeit, da das Wasser Schutz vor den lebensfeindlichen Bedingungen bietet, die noch Hunderte von Millionen Jahre auf dem Land herrschten. Zum anderen bietet der Vulkanismus eine permanente und damit effektivere Energiezufuhr, als es elektrische Entladungen bewerkstelligen können. Der dritte Aspekt ist, dass es zwischen den verschiedenen Stoffen in der Umgebung eines Schwarzen Rauchers ein Energiegefälle gibt, das unterschiedliche chemische Reaktionen auslösen kann. Damit kann eine homogene Ursuppe nicht aufwarten.

Der Geologe Mike Russel und der Biologe William Martin haben diese Hypothese weiter entwickelt. Sie entdeckten in der Umgebung etwas abseits der Schwarzen Raucher auch heiße Quellen, um die sich Türme aus weißem Kalziumkarbonat formen. Ihrer Meinung nach sind diese weißen Türme noch besser zur Entstehung des Lebens geeignet als Schwarze Raucher. Sie gehen davon aus, dass es zu chemischen Reaktionen im Inneren des Turmes kommen kann, zwischen kaltem eisenhaltigen Meerwasser, den in der Umgebung vorhandenen chemischen Grundstoffen und heißem Wasser aus der Quelle, das mit einer Vielzahl aus dem Meeresgrund gelöster Mineralien versehen ist. Diese könnten die Grundbausteine des Lebens liefern. Russel und Martin stellen sich dann vor, dass sich an den Innenwänden der weißen Türme aufgrund chemischer Reaktionen zahlreiche Bläschen bilden, die man als Vorläufer einer Zelle ansehen könnte. Diese bieten wie eine Zelle den Grundbausteinen des Leben Schutz vor der Umwelt auf einem abgegrenzten Raum, ohne den sie im Wasser des Meeres ausgedünnt und verstreut würden. Auf diese Art und Weise wären optimale Bedingungen für die Bildung komplizierter Molekülketten gegeben, die irgendwann zu einem Vorläufer der RNA wurden, der dazu geeignet war, den evolutionären Prozess in Gang zu setzen. Russel und Martin haben im Labor eine Versuchsanordnung aus zwei Drucktanks und einem System aus Röhren und Schläuchen entwickelt, die ihre Hypothesen experimentell beweisen soll. Konkrete Ergebnisse liegen jedoch noch nicht vor.

### *Leben im und aus dem Weltall*

Schon die alten Griechen, wie der Philosoph Anaxagoras, hatten eine Vorstellung von einer Saat des Lebens, die auf der Erde ausgestreut worden war. Aber auch in alten orientalischen Kulturen war Leben im All eine Selbstverständlichkeit, wie man ihren alten Schriften entnehmen kann.

In der zweiten Hälfte des 18ten Jahrhunderts führte Louis Pasteur Versuche durch, um die spontane Entstehung des Lebens zu untersuchen. Immer wieder sah man vermeintliche Beweise hierfür, wie dass sich spontan Maden im Fleisch oder sich spontan eine Vielzahl unterschiedlicher Organismen in einem Heuaufguss bildeten, wenn man sie unter dem Mikroskop betrachtete. Selbst wenn Pasteur das Ausgangsmaterial wie Milch durch Erhitzen sterilisierte oder wie man später sagte pasteurisierte, so zeigte sich kurz darauf Leben in Form von Bakterien. Pasteur gelang es jedoch nachzuweisen, dass die Ursache hierfür Bakterien in der Luft waren, die sich auch auf dem pasteurisierten Nährboden schnell vermehrten und nicht Bakterien, die sich spontan gebildet hatten. Damit galt die Hypothese,



dass sich Leben spontan bilden könne, als falsifiziert. Pasteur brachte es auf die einfache Formel: Leben kommt von Leben.

Anfang des 20ten Jahrhunderts veröffentlichte der schwedische Wissenschaftler Svante Arrhenius eine Theorie, die Panspermie genannt wurde und die Verbreitung von Mikroorganismen im All beschreibt. Arrhenius erklärt hierin, dass Mikroorganismen wie Bakterien, die Lufthülle der Erde verlassen können und der Strahlendruck des Sonnenlichtes oder des Sternenlichtes sie über das Weltall verbreiten kann. Diese Hypothesen fanden jedoch zunächst nur geringe Beachtung in Wissenschaftskreisen. Die Frage, ob es Leben auf dem Mars gibt, hat jedoch lange Zeit Wissenschaftler und Filmemacher beschäftigt.

Erst die Raumfahrt, moderne Astronomie mit Radioteleskopen oder dem Weltraumteleskop Hubble bescherten einer Hypothese, dass das Leben ein kosmisches Phänomen ist, das nicht auf der Erde entstand, ein wachsendes Interesse in Wissenschaftskreisen. Andererseits hat die Hypothese der Ursuppe so stark an Überzeugungskraft eingebüsst, dass man ernsthaft über Alternativen nachdenken muss. Wenn es uns also nicht gelingt die Entstehung von Leben auf der Erde zu beweisen, so muss die Hypothese, dass das Leben von außerhalb kam diskutiert werden. Der Physiker Hermann von Helmholtz drückte es in seinem Handbuch der theoretischen Physik etwa so aus:

„Es erscheint mir eine völlig korrekte wissenschaftliche Vorgehensweise, dass wir, wenn unsere Versuche erfolglos sind, die Entstehung von Leben aus unbelebter Materie zu initialisieren, die Frage zu stellen, ob sich das Leben jemals entwickelt hat, ob es nicht genauso alt ist wie die Materie selbst und ob sich nicht Samen von Planet zu Planet verbreitet haben, die überall da aufgehen, wo sie auf fruchtbaren Boden fallen.“

Bereits im frühen 19ten Jahrhundert entbrannte eine Diskussion unter Physikern, ob es nicht möglich wäre, dass das Leben mit Hilfe von Meteoriten durch das All reisen könne und auch dass Leben auf diese Weise auf die Erde gekommen sein könnte. Der englische Physiker Lord Kelvin vertrat die Ansicht, dass bei Kollision sehr großer Massen auch Bruchstücke entstehen können, die nicht durch die bei der Kollision entstehende Hitze völlig sterilisiert würden, sondern durchaus die Möglichkeit hätten Leben durchs All zu tragen.

Schließlich wurden auch Objekte auf der Erde gefunden, die diese Hypothese zu bestätigen scheinen. Am 28 September 1969 fiel in der australischen Stadt Murchison ein Meteorit auf die Erde. Er konnte unmittelbar geborgen werden, sodass eine Kontaminierung durch irdisches organisches Material weitgehend ausgeschlossen werden kann. Professor Pflug von der Universität in Giessen entdeckte in einer Probe des Meteoriten

kohlenstoffhaltiges Material. Einige dieser Objekte glichen haargenau früher gefundenen Objekten fossiler Bakterien.

Mitte der 90er Jahre des vorigen Jahrhunderts wurde in der Antarktis der Meteorit ALH84001 gefunden, dessen Herkunft vom Mars nachgewiesen werden konnte. Auch dieser Meteorit hatte Spuren fossiler Bakterien in sich. Man hat Crashtests durchgeführt, die nachweisen konnten, dass in Meteoriten eingebettete Bakterien trotz der enormen Aufschlagenergie durchaus eine Überlebenschance bei der Landung auf der Erde haben.

In den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts entdeckten Astronomen neben den chemischen Elementen und Verbindungen, die als Voraussetzung für die Entstehung des Lebens auf der Erde angesehen werden, auch einzelne Grundbausteine des Lebens im Weltall, wie polyaromatische Kohlenwasserstoffe oder die Aminosäure Glycin. Wissenschaftliche Erklärungen, wie diese Stoffe dort in einem nicht biologischen Prozess entstehen konnten, gibt es in Anfängen.

Zur gleichen Zeit machten die Astronomen Fred Hoyle und Chandra Wickramasinghe eine Aufsehen erregende Entdeckung. Sie untersuchten die interstellaren Staubwolken, indem sie die Absorption von Sternenlicht maßen, und aufgrund der absorbierten Wellenlänge auf das zugehörige Material schlossen. Solche kosmischen Staubwolken sind in unserer Milchstrasse als schwarze Wolken zu erkennen, da sie selbst kein Licht ausstrahlen oder reflektieren. Zunächst zeigte es sich, dass die kosmischen Staubpartikel weitgehend die gleiche Charakteristik aufwiesen, unabhängig davon welche Stelle am Himmel man untersuchte. Ihre Größe liegt bei einem Mikrometer oder weniger.

Im Bereich von 2200 Å entdeckten die Astronomen ein Maximum an Absorption, und begannen durch Vergleiche auf das Material zu schließen. Das Material was sie ursprünglich ins Auge gefasst hatten, wurde jedoch im Laufe der Forschung von einem anderen Material um ein vielfaches übertroffen. Ausgehend von der Größe untersuchte man Bakterien, die sich in dieser Größenordnung bewegen. Bei der Untersuchung gefriergetrockneter Bakterien erhielt man eine verblüffende Übereinstimmung. Daraufhin stellten Fred Hoyle und Chandra Wickramasinghe die Hypothese auf, dass ein signifikanter Teil des interstellaren Staubes aus Bakterien besteht. Weitere Forschung förderte eine Vielzahl von Indizien an den Tag, die diese Hypothese unterstützen.

Damit hätte man dann auch gleichzeitig die Erklärung für die Existenz der übrigen entdeckten Grundbausteine des Lebens und deren Ausgangsmaterial gefunden, die sich als Zerfallsprodukte abgestorbener Bakterien entpuppen würden.

Diese Forschungsergebnisse gaben der Panspermiethorie neuen Auftrieb. Fred Hoyle stellte eine ganze Reihe neuer Hypothesen hierzu auf und führte ein Vielzahl von Indizien hierfür an.

Ein interessantes Indiz sind eine Reihe von Eigenschaften gewisser Bakterien, für die es auf der Erde keinen Bedarf gibt, dagegen aber im Weltraum. Man muss sich deshalb fragen, warum die Evolution für Bakterien solche Eigenschaften entwickelt hat oder ob die natürliche Auslese ohne vorhandenen Selektionsdruck solche Ergebnisse produzieren kann.

Es gibt Bakterien, die extreme Hitze von weit über 100 Grad Celsius vertragen oder bei extremer Kälte in der Antarktis nicht nur überleben, sondern ganze Ökosysteme aufbauen können. Bakterien vertragen extremen Druck oder überleben problemlos im luftleeren Raum. Es gibt sogar Bakterien, die im Inneren unserer Atomreaktoren leben. Andere Bakterien können sich in kohlenstoffhaltiges Material einkapseln, was sie vollständig vor gefährlicher UV Strahlung schützt. Wieder andere werden durch UV Strahlung nicht zerstört sondern nur vorübergehend „desaktiviert“, wobei ihr genetisches Material erhalten bleibt. Zusätzlich haben Bakterien ein enormes Vermögen sich selbst zu reparieren und ein unglaubliches Reproduktionsvermögen, das es ihnen erlaubt, auch größte Verluste in kürzester Zeit wieder auszugleichen. Wenn Bakterien in der Lage wären, das gesamte Material des Universums in Bakterien umzuwandeln, so hätten sie nach bereits einer Woche das gesamte Material der Erde verbraucht, eine Woche später das Material unserer Milchstrasse und eine weitere Woche später das Material des gesamten sichtbaren Universums. Auf diese Weise ließe sich auch die enorme Menge von Bakterien erklären, die im kosmischen Staub vorhanden wären, wenn Hoyles Hypothese zutrifft.

Aufbauend auf dieser Hypothese konnte Fred Hoyle nun weitere Hypothesen aufstellen. Eine naheliegende Hypothese ist nun, dass das Leben gar nicht auf der Erde entstanden ist. Bei der Suche nach einer Bestätigung muss man zunächst einen geeigneten Ort im Universum finden an dem Leben entstehen kann. Eine der wichtigsten Voraussetzungen ist, wie wir oben gesehen haben, die Existenz von Wasser. Das meiste Wasser in unserem Sonnensystem gibt es aber nicht, wie man spontan annehmen würde auf der Erde, sondern in einer Bahn jenseits von Uranus und Neptun in Form von Kometen.

Als unser Sonnensystem aus einer Wolke von interstellarem Material zu unserer Sonne und den Planeten mit ihren Monden kondensierte, bildete sich auch eine riesige Wolke von Kometen, die die Oortsche Wolke genannt wird. Kometen sind, wie wir heute wissen, wie schmutzige Schneebälle von einigen Kilometern Durchmesser. In der Oortschen Wolke gibt es Milliarden von ihnen, und nach Fred Hoyles Hypothese bieten sie geeignete

Voraussetzungen für Bakterien, sich dort anzusiedeln. Selbst wenn die erste Bakterie nicht hier entstanden wäre, sondern aus einer anderen Galaxie, so wie Svante Arrhenius es vermutet hat, durch Strahlendruck in unsere Galaxie und unser Sonnensystem hierher gekommen wäre, so könnte in kürzester Zeit alles geeignete Material auf den Kometen in Bakterien verwandelt werden. Neben Bakterien, so nimmt Hoyle an, kann es auf Kometen auch Viren und Viroide geben.

Weitere Indizien dafür, dass die schmutzigen Schneebälle der Kometen ein geeigneter Nährboden für die Entstehung und Entwicklung des Lebens sind, haben kürzlich Biochemiker am Göttinger Max-Planck-Institut herausgefunden. Sie experimentieren mit gefrorenem Salzwasser von minus 8 bis 15 Grad. Bei dieser Temperatur gefriert das Wasser heraus, und es bilden sich zwischen den Eisbrocken Kammern und Kanäle in denen eine Salzlake fließt. Mineralien in dieser Flüssigkeit begünstigen chemische Reaktionen. Hierbei konnten sie beobachten, dass sich RNA Moleküle bildeten und sich zu immer längeren RNA Molekülen erweiterten. Wie wir bereits oben gesehen haben, wird vermutet, dass RNA eine entscheidende Vorstufe zum Leben bildet. Bisher ist es allerdings noch nicht beobachtet worden, dass sich die RNA im Salzwassereis selbst reproduziert.

Kometen sind auch ein geeignetes Transportmittel für die Mikroorganismen, um auf die Erde zu gelangen. Immer wieder geschieht es, dass ein Komet durch Kollision oder durch Einflüsse von Gravitation seine Bahn verlässt, und Kurs auf das Innere unseres Sonnensystems nimmt. Je weiter er sich der Sonne nähert, desto mehr verdampft von seinem schmutzigen Schneeball, und Material wird als Kometenschweif abgestoßen. Dabei werden auch die Mikroorganismen mitgerissen. Die Erde ist auf diese Weise einem ständigen Strom von Kometenmaterie aber auch Mikroorganismen kosmischen Ursprungs ausgesetzt, besonders, wenn die Erde die Bahn eines Kometen kreuzt. Man schätzt, dass täglich etwa 100 Tonnen kosmisches Material auf die Erde niedergehen.

Im Gegensatz zu Mond oder Mars bietet die Atmosphäre unserer Erde für mikroskopisch kleines Material ausreichend Bremsmöglichkeiten für eine unbeschadet Landung, selbst wenn Kometen mit mehr als 30 km/sec reisen.

Letzte Ergebnisse von Marsmobilen der Nasa deuten ebenfalls auf fossiles Leben auf dem Mars hin. Analysen zeigen ein Alter von ca. 3,8 Milliarden Jahren. Das ist genau das gleiche Alter, das auch die ältesten Hinweise für Leben auf der Erde zeigen. Man kann nun entweder daraus schließen, dass das Leben zufällig auf Erde und Mars gleichzeitig entstand, weil Erde und Mars zu dieser Zeit die gleichen Voraussetzungen boten, oder man

schließt auf eine gemeinsame Ursache, wie die Saat des Lebens von einem Kometen, dessen Material im Schweif Erde und Mars gleichzeitig erreichte.

Damit erweist sich die Panspermiethorie als weitere Alternative zur Entstehung des Lebens auf der Erde. Diese Theorie gibt jedoch keinerlei neue Impulse, wie das Leben selbst entstanden sein könnte. Sie stellt uns zwar nun das gesamte Universum als Labor zur Verfügung und gibt uns Zeit von mehr als 13 Milliarden Jahren, das Leben zu entwickeln, aber das hilft uns recht wenig. Bei der Komplexität selbst einfacher Lebewesen und dem weiten Weg hierhin von den Grundbausteinen des Lebens, kann das erweiterte Experimentierfeld und die zusätzliche Zeit trotzdem keinen signifikanten Beitrag zur Lösung leisten.

Fassen wir an dieser Stelle kurz zusammen: Nach Millers berühmten Versuch mit der Ursuppe, sind eine Reihe neuer Hypothesen für die Entstehung des Lebens aufgetaucht, die zwar einen Teil von Problemen lösen, wie den Zerfall von Ammoniak und Methan bei UV Licht, aber keine dieser Hypothesen hat sich bisher beweisen lassen. Irgendwo gibt es eine Grenze zwischen belebter und unbelebter Materie und erst für belebte Materie ist es erlaubt, den reinen Zufall durch einen evolutionären Prozess zu ersetzen. Eine beliebte Erklärung, dass ein evolutionärer Prozess das Leben aus den Grundbausteinen des Lebens formte, ist daher nicht zulässig. Richard Dawkins erkennt zwar diese Problematik an, argumentiert aber mit der enormen Geschwindigkeit der kumulativen Selektion, die damit bereits den Grossteil der Problematik gelöst hätte. Man muss sich jedoch vor Augen halten, dass die Problematik bei voneinander unabhängigen Teilproblemen exponentiell anwächst. Selbst wenn die Lösung eines Teilproblems das Gesamtproblem auf den milliardensten Teil reduziert so bedeutet das, dass bei einer Wahrscheinlichkeit von 1 zu 1 hoch n die Zahl n nur um den Betrag von 9 vermindert werden darf. Bei unserem Problem mit 16 Seiten von Nullen für die Entstehung der Enzyme wären das nur zwei bis drei Zentimeter mit Nullen.

### *Wo stehen wir heute?*

Besinnen wir uns deshalb noch einmal auf das was Louis Pasteur gesagt hat:

Leben kommt von Leben!

Hermann von Helmholtz, Lord Kelvin und eine Reihe weiterer Wissenschaftler, in die sich auch Fred Hoyle einreicht, sind der Ansicht, dass Pasteurs Paradigma immer noch Gültigkeit hat und solange als wissenschaftliche Alternative angesehen werden muss, bis experimentell eine andere Hypothese bewiesen ist, die Pasteurs Paradigma ablöst. Dies hat

gar nichts mit kreationistischen, oder fundamentalistischen religiösen Ansichten zu tun, sondern folgt den Regeln der Wissenschaft.

Was Energie und Materie angeht, so ist längst akzeptiert, dass sich diese am Anfang des Universums spontan bei dem so genannten Big Bang aus einer Singularität bilden konnten, und sich dann in physikalischen und chemischen Prozessen zu dem weiterentwickeln konnte, was wir heute vorfinden.

Kann man dann nicht auch irgendwann einen „Big Birth“ akzeptieren, bei dem die ersten organischen Moleküle entstanden, die die Bedingungen für Leben erfüllten und sich mittels evolutionärer Prozesse weiterentwickeln?

Heikel wird die Sache erst, wenn wir an dieser Stelle, die Begriffe Information und Geist mit ins Spiel bringen, wie wir es in den vorherigen Kapiteln bereits getan haben.

Das könnte zunächst bedeuten, dass sämtliche Information zum Aufbau des Universums wie Naturgesetze, Naturkonstanten oder die Axiome der Mathematik bereits in der Singularität vor dem Big Bang vorhanden waren.

Mit dem Big Bang wird diese Information zu Struktur und Form für Energie und Materie. Die Hypothese einer Information für die Struktur des Lebens könnte, wenn man obige Hypothese akzeptiert, dann auch als weitere Hypothese akzeptiert werden.

Geht man so weit, dass Information und Geist etwas Immaterielles sind, das sich nur mittels Strukturen in der Materie manifestiert, so liegen diese beiden Komponenten nicht notwendigerweise in der Singularität selbst.

Natürlich würde eine solche Hypothese sich in religiöse und philosophische Konzepte einfügen lassen, aber ist damit bereits der Gegenbeweis erbracht?

Die Formulierung dieser Hypothese könnte folgendermaßen lauten:

Ursprünglich existierte nur die Information zum Aufbau des Universums und der Geist der sie kommunizieren konnte, wodurch sie sich zusammen mit der Information in der Materie manifestieren konnten. Mit dem Kommunizieren der Information, begann das Universum in einem Big Bang.

Aber lassen wir diese Hypothese zunächst einfach einmal so stehen und widmen wir uns wieder konkreteren Problemen.

### *Entstehung und Fluss von Information im evolutionären Prozess.*

Nachdem wir in den vorausgegangenen Kapiteln die Entstehung und den Fluss bzw. die Kommunikation von Information genauer unter die Lupe genommen hatten, wollen wir jetzt überprüfen, welche Rolle Information in einem evolutionären Prozess spielt. Wir werden uns zunächst mit den Wegen der Information befassen, die nach Darwins Mechanismus zulässig sind, und uns in nachfolgenden Abschnitten mit alternativen Wegen von Information beschäftigen, die Darwins Mechanismus nicht vorgesehen hat. Dabei werden wir auf interessante Gedankengänge stoßen, die verworfene, alternative und neue Hypothesen in einem völlig anderen Licht erscheinen lassen.

#### *Vertikaler Informationsfluss*

Hiermit bezeichnen wir die Weitergabe von Erbinformation an direkte Nachkommen. Die Erbinformation an sich ist in den Genen gespeichert. Gene sind im Prinzip Teile von größeren DNA Strukturen, die in Proteine verpackt im Zellkern einer Zelle vorhanden sind. Man nennt diese Strukturen Chromosomen. Chromosomen treten normalerweise paarweise auf. Der Mensch besitzt 46 davon. Es gibt zwei Arten der Erbinformation, die in den Chromosomen enthalten ist, an die nächste Generation weiterzugeben. Die eine ist die normale Zellteilung auch Mitose genannt, bei der zunächst vereinfacht dargestellt die Erbinformation durch Verdoppelung der Chromosomen dupliziert wird. Anschließend werden sie in zwei Chromosomensätze aufgeteilt, wobei jeder bei Zellteilung in einer eigenen Tochterzelle landet.

Die andere Art von Zellteilung kommt bei der geschlechtlichen Fortpflanzung zum Einsatz. Diese wird Meiose genannt. Hierbei werden die Chromosomen vor der Teilung paarweise in zwei identische Chromosomenbündel aufgeteilt, sodass bei der Teilung nur eines an die Tochterzellen weitergegeben wird. Dabei erhält man Zellen, die nur einen halben Chromosomensatz enthalten. Solche Zellen nennt man Keimzellen, also Eizellen und Samenzellen. Bei der geschlechtlichen Befruchtung der Eizelle durch die Samenzelle werden die Chromosomen beider Zellen wieder zu einem vollständigen gemeinsamen Chromosomensatz vereinigt. Durch die Rekombination der beiden halben Chromosomensätze entstehen genetisch neu zusammengesetzte Chromosomen, die sich von beiden Elternteilen unterscheiden. Eine solche Rekombination von (Erb)Information kann zu erheblich schnelleren Variationen innerhalb eines evolutionären Prozesses führen, als es die zufällige Variation durch Umwelteinflüsse bewerkstelligen könnte. Wir haben den Effekt am Beispiel unseres Weasel 3.0 Algorithmus feststellen können, der auf diese Weise die zufälligen Veränderungen bei beiden Elternpaaren in einem Kind vereinen konnte.

Dabei war zu beobachten, dass der evolutionäre Prozess nun schneller ablaufen konnte und mit weniger Kopien bzw. Individuen einer Population auskommen konnte. Durch diese Art von Rekombination wird aber im Grunde keine neue Information erzeugt, sondern befindliche Information nur neu gemischt. Die neu gemischte Information kann dann allerdings von einer Fitnessfunktion bzw. der natürlichen Selektion als vorteilhaft gegenüber bisher bekannten Informationsstrukturen bewertet werden.

Bei dieser Art der Weitergabe von Erbinformation kann es jedoch auch zu schwerwiegenden Kopierfehlern mit signifikantem Einfluss auf die Evolution kommen. Dies ist der Fall, wenn ein Chromosomensatz nur unvollständig getrennt werden kann oder ein Chromosomenbündel bei der Befruchtung nur unvollständig weitergegeben wird. In diesem Falle können richtige Monster entstehen. So tauchen z.B. immer wieder Bilder von Kälbern und anderen Tieren mit zwei Köpfen auf, was die Ursache in solchen Kopierfehlern hat. Normalerweise sind solche Individuen nicht fortpflanzungsfähig, da sich ihr abweichender Chromosomensatz nicht mit anderen Chromosomensätzen der gleichen Art bei der Befruchtung vereinen kann. Manche Arten von Pflanzen kennen jedoch die Möglichkeit der Selbstbefruchtung. Bei Tieren wäre eine Paarung von Geschwistern mit der gleichen Chromosomenabweichung denkbar. In diesem Falle wäre damit der Startpunkt für eine neue Art oder Rasse gegeben. Diese musste sich dann allerdings noch vor der natürlichen Selektion in Konkurrenz mit den unveränderten Individuen der ursprünglichen Art bewähren.

Irgendwie beschleicht einen hierbei ein ungutes Gefühl, dass vor der Evolution erfolgreiche Missgeburten die Stammväter einer neuen Rasse sein könnten.

### *Information unter dem Einfluss von Darwins Mechanismus*

Erinnern wir uns: Information ist Struktur, die im Sinne der Signaltheorie keine inhaltliche Bedeutung hat. Diese Struktur kann durch zufällige Variation verändert werden. Wie wir heute wissen, ist die entscheidende Struktur für den Aufbau, die Gestalt und die Eigenschaften eines Lebewesens die DNA Struktur der Gene. Eine zufällige Variation dieser Gene kann also die Information für die Gestalt und die Eigenschaften eines Lebewesens verändern.

Es sind eine Reihe von Alternativen bekannt, wie eine solche Veränderung der DNA erfolgen kann. Dies kann durch ganz normale Höhenstrahlung erfolgen, wie sie permanent aus dem Weltall auf die Erde trifft. Genauso kann die DNA durch radioaktive Strahlung verändert werden, wie sich an den Nachkommen von Strahlengeschädigten zeigt. Auch chemische Substanzen können zu Veränderungen führen, wie die Contergankatastrophe besonders



drastisch demonstriert hat. Weiter denkbar sind große Hitze, wie experimentell bewiesen werden konnte. Neuerdings deuten sogar Untersuchungen, die am Karolinska Institut in Stockholm durchgeführt wurden, darauf hin, dass extremer Stress zu Veränderungen führen kann, wie man es speziell bei Neugeborenen, die mittels Kaiserschnitt zur Welt kamen, feststellen konnte.

Ein Grossteil solcher Veränderungen ist schädlich. Deshalb besitzt ein Lebewesen Funktionen, die Veränderungen bzw. Schädigungen in der DNA wieder reparieren. So konnte man bei einem Experiment beobachten, dass eine Bakterie des Typs *Micrococcus radiophilus* bei extremer Röntgenbestrahlung, die das milliardenfache dessen betrug, was die normale Belastung auf der Erde ist, die DNA an mehr als 10 000 Stellen geschädigt wurde. Trotzdem gelang es der Bakterie alle Schäden in kurzer Zeit selbst zu reparieren. Manchmal jedoch wird eine solche Schädigung fehlerhaft repariert. Dann kann die Veränderung durch Zellteilung vervielfältigt werden und letztendlich an die Nachkommen eines Individuums weitervererbt werden.

Die veränderte DNA Struktur kann, wenn sie von der RNA abgelesen und für den Aufbau der Gestalt des Individuums bei der Proteinsynthese umcodiert wird, zu einer Modifikation des Individuums selbst führen. Sollten die durch die veränderte Struktur bzw. Information modifizierten Eigenschaften eines Individuums sich als vorteilhaft für das Überleben und die eigen Reproduktion erweisen, so setzt sich diese neue Information in der Art des Individuums immer weiter durch. Ist die neue Information schädlich, so geht sie mittels der natürlichen Selektion in der Art wieder verloren.

Betrachtet man die Funktion der natürlichen Selektion separat, so beinhaltet der Begriff Selektion bereits die Forderung nach Information. Selektion bzw. Auswahl ist ein Prozess, der anhand von Information eine Entscheidung trifft, in diesem Falle was bevorzugt wird und was nicht. In unserem Beispiel mit Dawkins Weasel war es eine Fitnessfunktion, die den Zielsatz kannte, damit die Anzahl von Abweichungen ermittelte und so eine kumulative Selektion vornehmen konnte.

Damit ist bereits der gesamte zulässige Informationsfluss für die Darwinsche Evolution im klassischen Sinne beschrieben. Weitere Wege sind nicht erforderlich. Vorschläge und Hypothesen, die andere oder zusätzliche Wege oder eine andere Art von Information anderen Ursprungs beinhalten, werden deshalb von den Vertretern der offiziellen Lehre häufig als unnötig abgelehnt, als unwissenschaftlich abgestempelt oder von einer wissenschaftlichen Diskussion ausgeschlossen.

Wir wollen jedoch an dieser Stelle fortfahren und weitere Wege von Information in Augenschein nehmen, die möglicherweise einen Einfluss auf die Evolution haben könnten. Darwin selbst hat ja niemals behauptet, dass sein vorgeschlagener Mechanismus die einzige zulässige Lösung ist, sondern nur, dass dieser eine große Rolle bei der Entwicklung der Lebewesen spielt.

### *Erworbene Eigenschaften als Information für die Nachkommen*

Der französische Biologe Jean-Baptiste Lamarck hatte schon vor Charles Darwin eine Evolutionstheorie beschrieben, die nach ihm Lamarckismus benannt worden ist. Lamarck war der Ansicht, dass ein Individuum sich im Laufe der Zeit an eine veränderte Umwelt anpassen konnte. Die Anpassung erfolgte dabei vorwiegend durch den veränderten Gebrauch von Körperteilen oder von Körperfunktionen. Jeder der schon einmal ein Fitnessstudio von innen gesehen hat weiß, dass der veränderte Gebrauch von Muskeln signifikante Veränderungen auf die Gestalt eines Individuums haben kann. Lamarck meinte nun, dass sich diese Erworbenen Eigenschaften auf die Nachkommen vererben könnten, wodurch sich die gesamte Art schrittweise über längere Zeit an die Umwelt anpassen könnte.

Darwins Lehre bot jedoch eine bessere Erklärung an, und die Vererbungslehre nach den Mendelschen Gesetzen zeigte, dass das genetische Material offensichtlich auf andere Art und Weise verändert wurde als durch Umwelteinflüsse. Darwins und Mendels Lehre konnten sich deshalb sehr schnell gegen den Lamarckismus als Paradigmen durchsetzen, wodurch man den Lamarckismus als falsifiziert ansah.

Es hat merkwürdige Versuche gegeben, Lamarck zu widerlegen. So schnitt der Biologe August Weismann 1592 Mäusen Generation für Generation die Schwänze ab und nahm es dann als Beweis, den Lamarckismus widerlegt zu haben, dass keine schwanzlosen Mäuse geboren wurden.

Aber hatte Lamarck wirklich in allen Punkten unrecht? Ist es ausgeschlossen, dass sich erworbene Eigenschaften an die Nachkommen vererben können, oder ist hier ein weiterer Informationsweg verborgen, der zwar nicht die entscheidende Rolle spielt, aber keinesfalls bewiesenermaßen ausgeschlossen werden muss?

Sehen wir uns einmal ein Kamel aus der Nähe an. Ein Kamel steht auf und legt sich zu Boden, indem es sich mit seinen Knien abstützt. Ein Kamel hat deshalb deutlich sichtbare dicke Lederpolster an seinen Knien. Kein Wunder, auch der Mensch kriegt Schwielen an

seinen Händen und Hornhaut an seinen Füßen, wenn er viel arbeiten und laufen muss. Interessant aber ist die Tatsache, dass junge Kamele bereits mit diesem Polstern geboren werden, bevor diese sich durch individuellen Gebrauch bilden konnten. Natürlich bietet Darwins Mechanismus auch hierfür eine Erklärung: Das Kamel dass zufällig Verdickungen und Schwielen an den Knien durch Veränderung seiner DNA aufwies, war seinen Artgenossen soweit überlegen, dass sich dieser Vorteil im Laufe der Zeit innerhalb der Art durchsetzen konnte. Kamele ohne diese verdickte Haut oder die die Verdickung zufällig am Bauch, Rücken oder Hinterteil aufwiesen gerieten ins Hintertreffen. Klingt etwas merkwürdig, aber so in etwa müsste eine offizielle wissenschaftliche Erklärung wohl aussehen. Ist vielleicht doch etwas dran am Lamarckismus? Hat denn niemand experimentell Beweise erbringen können, die Lamarck bestätigen?

Einer hat es versucht. Zwischen 1903 und 1908 unternahm der österreichische Biologe Paul Kammerer Versuche mit Feuersalamandern. Eine Gruppe hielt er in einem Terrarium mit schwarzem und eine in einem Terrarium mit gelbem Sand als Untergrund. Die Salamander waren in der Lage, die Größe ihrer gelben Flecken zu verändern, wobei die Flecken der Salamander auf dem schwarzen Sand schrumpften und die der Salamander auf dem gelben Sand sich vergrößerten. Die Salamander passten sich offensichtlich an ihre Umwelt an. Das interessante Resultat an Kammerers Versuch aber war, dass der Nachwuchs dieser Salamander diese Unterschiede bei den gelben Flecken bereits von Geburt an aufwies. Die jungen Salamander auf der gelben Seite waren zu über der Hälfte gelb. Kammerer hat von ihnen Fotografien gemacht, die bis heute erhalten sind. Der Unterschied ist so deutlich, dass es keinen Spielraum zu Interpretationen gibt.

Solche Ergebnisse passten jedoch gar nicht in das Konzept der offiziellen Wissenschaft, die gerade Mendels Gesetze der Vererbung wiederentdeckt hatte und damit Darwins Lehre bestätigt sah. Man unterstellt Kammerer Manipulation und zerstörte damit seinen Ruf als Wissenschaftler, sodass er daraufhin Selbstmord beging. Es ist nicht bekannt, dass jemand diese Versuche bis heute wiederholt hat.

Wie aber sieht es 100 Jahre nach Kammerers Versuchen mit der Sicht auf den Lamarckismus aus. 100 Jahre Forschung besonders in der Mikrobiologie sollten neues Licht auf Lamarcks Hypothesen werfen können.

In den 80er Jahren tauchten Berichte auf, die vom Ansprechen von Genen bei Bakterien auf Umwelteinflüsse berichteten. So zeigten diese Berichte, dass Bakterien, die in Laktose platziert wurden eine signifikant höhere Anzahl Laktose verdauender Mutationen produzierten.

Zunächst aber entdeckte man ein Indiz, das deutlich gegen Lamarck sprach. In der Genetik gilt der Lehrsatz, dass die Informationsübertragung bei der Proteinsynthese grundsätzlich nur in eine Richtung funktioniert: Die chemische Struktur der DNA wird von der RNA abgelesen, die damit die Anweisungen für den Aufbau der Proteine und damit der Körperzellen übermittelt. Die Übertragung in die umgekehrte Richtung findet nicht statt. Experimente konnten weiterhin auch nicht zeigen, dass die Einflüsse einer veränderten Umwelt zu Änderungen der DNA Struktur in den Genen führte. Die zufällige Veränderung der DNA Struktur hatte andere Ursachen, wie wir oben bereits aufgezeigt haben.

In diesem Zusammenhang stellt sich aber die Frage, ob die genetische Information, die in Form von DNA als Struktur bewahrt wird, der einzige Faktor ist, der die Gestalt und die Eigenschaften eines Lebewesens beeinflusst. Wenn man die genetischen Unterschiede zwischen einem Menschen und einem Schimpansen vergleicht, so findet man eine Übereinstimmung von 98,9 %. Nur 1,1% Unterschied spiegeln sich jedoch keinesfalls bei der Gestalt und den Fähigkeiten beider Lebewesen wieder. Es sollte also noch eine andere Informationsquelle geben, die die Formgebung und Gestaltung eines Individuums beeinflusst. Es sind nicht nur die Gene, die die äußere Gestalt bestimmen, sondern auch der Zeitpunkt und die Dauer in der sie aktiv sind.

Bereits vor 60 Jahren entdeckte die Biologin Barbara McClintock bei der Untersuchung von Farbunterschieden in den Körnern von Maiskolben so genannte springende Gene, die Transposonen, die spontan ihre Position innerhalb von Chromosomen relativ zu anderen Genen verändern können. Solche Sprünge haben Einfluss darauf, welche Teile der DNA von der RNA abgelesen werden, und somit auch direkten Einfluss auf die Proteinsynthese. Hierdurch ließen sich Farbfehler bei Maiskörnern erklären, wenn ein springendes Gen die Position des Farbgens eingenommen hatte. In den späten 80er Jahren gelang es Forschern so, die Positionen von Genen in den Chromosomen der Fruchtfliege zu verändern. Das Resultat hiervon war eine veränderte Augenfarbe beim Nachwuchs der Fruchtfliegen. Diese neue Augenfarbe wurde anschließend von Generation zu Generation weitervererbt, obwohl die Gene die gleichen blieben.

Es zeigt sich jedoch, dass das genetische Material sich ständig verändert und neu organisiert. Welche Information und welche Einflüsse hierfür verantwortlich sind ist nicht im Detail geklärt, wobei Umwelteinflüsse aber nicht ausgeschlossen werden können.

Aber auch der Lehrsatz, dass die Informationsübertragung bei der Proteinsynthese nur in eine Richtung stattfinden kann, musste mit der Zeit teilweise revidiert werden. Die Nobelpreisträger David Baltimore und Howard Temin entdeckten, dass bestimmte

Virusarten, Retrovirus genannt, die RNA benutzen um darin eingebaute Information in die DNA zurück zu übertragen. Es konnte sogar eine solche Rückübertragung auch bei Hefe, Pflanzen und selbst bei Säugetieren entdeckt werden.

### *Ungenutzte bereits vorhandene Information, die aktiviert wird*

Wer auf seinem PC Windows als Betriebssystem hat und vielleicht noch das Office Paket dazu benutzt weiß, dass die Software dem Benutzer eine riesige Vielfalt an Programmen und Funktionen bietet, von denen man oft gar keine Ahnung hat. Der Eine benutzt das System vorwiegend als Zugang, um in Internet zu surfen, ein Anderer verwendet es als Schreibwerkzeug und ein dritter als Zeichenprogramm. Es kommt jedoch vor, dass wenn man zufällig das falsche Symbol oder die falsche Zeile anklickt, sich die Schreibmaschine ungewollt in ein Abspielgerät für Musik und Filme verwandelt, zum Flipperspiel wird, oder uns ein System zum schneiden und mixen eigener Videofilme präsentiert.

Untersuchungen zeigen, dass der Durchschnittsbenutzer von Windows nur etwa 15% des Codes, den Windows zu bieten hat, bei seiner Arbeit am PC verwendet.

Finden sich hierzu Parallelen bei Lebewesen? Tatsächlich hat man in der DNA große Teile entdeckt, die vom Organismus nicht zur Proteinsynthese verwendet werden. Bei der menschlichen DNA macht dieser Anteil sogar 95% aus. Dieser Teil der DNA wurde ursprünglich Junk DNA, also zu Deutsch Schrott DNA genannt. Mittlerweile ist man zu der Erkenntnis gelangt, dass diese Komponenten aber nicht unbedingt Schrott sind, sondern dass zumindest ein Teil zur Genregulierung verwendet wird, die steuert, welcher Teil der DNA von der RNA abgelesen werden soll. Für andere Teile hat man noch keine Erklärung. Heute nennt man deshalb die Junk DNA treffender Weise nicht codierende DNA. Vergleiche solcher DNA Teile bei unterschiedlichen Insekten ergaben jedoch, dass die nicht kodierende DNA keine zufälligen Strukturen aufweist, sondern teilweise übereinstimmende Muster, die den Verdacht nahelegen, dass sie irgend eine noch unbekannte Funktion haben.

Stellt man den Vergleich mit Computerprogrammen an, die von Version zu Version weiterentwickelt werden, so findet man auch hier Programmteile, die für die Aufgaben einer moderneren Version nicht mehr gebraucht werden. Man entfernt sie deshalb nicht unbedingt, sondern lässt sie als Kommentar im Programm stehen oder man verändert einfach den Programmfluss so, dass sie nicht mehr durchlaufen werden. Auch dies könnte eine mögliche analoge Erklärung bei der nicht codierenden DNA sein.

Genauso wie nun nicht geladene oder nicht durchlaufenen Programme oder Programmteile in unserem Computer zufällig oder absichtlich aktiviert werden können, so wäre es denkbar, dass auch Transposonen oder springende DNA Gene zur Transkription in die RNA aktivieren, wodurch eine andere Proteinsynthese ausgelöst werden könnte, die ihrerseits eine Veränderung der Gestalt eines Individuums zur Folge haben könnte.

### *Viren als Motor der Evolution*

Viren sind uns allen als Erreger zahlreicher Krankheiten bekannt. Sie bestehen aus Nukleinsäuresequenzen (DNA oder RNA), sind aber noch keine richtigen Lebewesen. Im Gegensatz zu Lebewesen fehlen ihnen noch einige Eigenschaften die ein Lebewesen haben muss, wie einen Stoffwechsel und die Fähigkeit, sich selbst zu reproduzieren. Ein Virus ist damit noch keine Zelle sondern nur ein Stück DNA oder RNA, das in eine Hülle aus Proteinen verpackt sein kann. Die DNA bzw. RNA des Virus enthält die Information zur eigenen Reproduktion. Um sich jedoch selbst reproduzieren zu können, benötigt ein Virus eine Wirtszelle eines Lebewesens. Es dringt in die Wirtszelle ein, und fügt seine eigenen DNA Sequenzen in die DNA der Wirtszelle ein. Anschließend veranlasst das Virus die Wirtszelle, seine eigene DNA und so neue Viren zu reproduzieren.

Selbst wenn der Virusbefall bzw. eine Viruskrankheit aufhört, ist die eingefügte DNA Sequenz oft weiterhin in der Zelle vorhanden. Sie kann bei Zellteilung dupliziert werden und sogar weitervererbt werden. Normalerweise findet jedoch hierdurch nicht generell eine Modifikation des Wirtsorganismus statt. Es können aber auch solche Modifikationen, die von Viren ausgelöst werden, beobachtet werden. So gibt es eine Vielzahl von Zierpflanzen, die sich dadurch auszeichnen, dass ihre Blätter interessante Streifenmuster aus gelben oder weißen Streifen aufzeigen, wobei die ursprüngliche Pflanze völlig grüne Blätter hatte. Dies ist der Effekt einer Viruskrankheit, die einmal eine solche Pflanze befallen hatte. Normalerweise verbessern solche Farbveränderungen nicht die Überlebenschancen der Pflanze, da die Photosynthese eher verschlechtert wird. Im Fall der Zierpflanzen, wie beispielsweise den sehr beliebten Funkien (Hosta), werden solche Variationen jedoch bevorzugt von Gärtnern gekauft, was die Überlebensfähigkeit solcher Pflanzen verbessert hat.

Das Einfügen von DNA Sequenzen durch Viren ist somit eine weitere zusätzliche Quelle für Mutationen. Im Unterschied zu den vorher aufgeführten Wegen der Information durch zufällige Variation wird jedoch in diesem Fall eine bereits von der Natur getestete Struktur in

eine vorhandenen Struktur eingefügt, was die Chancen für eine überlebensfähige Variation erheblich verbessern dürfte.

Nehmen wir den Computer als Maschine, die ähnlichen Variationen ausgesetzt ist, als Beispiel. Die Programme des Computers sind als Speicherstrukturen im Hauptspeicher geladen. Sie werden dorthin von einem anderen Speichermedium kopiert. Theoretisch könnte es hierbei zu Kopierfehlern kommen. Aber auch andere Effekte, wie sie einen biologischen Organismus variieren können, können Einfluss auf Strukturen bzw. Information in einem Computer haben. So kann etwa die Höhenstrahlung ein Bit im Hauptspeicher „umdrehen“, wodurch die dort enthaltene Information verändert wird. Selbstverständlich hat auch ein moderner Computer Funktionen, die solche Veränderungen entdecken und reparieren können, wie Parity Bits bei der Übertragung von Information oder ECC Speichermodule (Error Cognition and Correction) in modernen Servern. Trotzdem können nicht generell alle Fehler entdeckt werden, sodass auch Variationen durchkommen. Was ist das Resultat davon? In den meisten Fällen führen solche Variationen zum Absturz des Programms, was mit einem tödlichen Effekt in einem biologischen System zu vergleichen wäre. In wenigen Fällen kann die Funktionsweise des Programms beeinträchtigt werden. Allerdings ist in der Geschichte der Computertechnik kein einziger Fall bekannt, bei dem Kopierfehler oder durch Höhenstrahlung umgedrehte Bits zu irgendeiner Verbesserung der Funktionsweise geführt haben. Windows 7 ist nicht durch einen evolutionären Prozess aus Windows XP entstanden, der durch kumulative Selektion von Kopierfehlern, die von den Anwendern positiv aufgenommen wurden, eine neue Art von Betriebssystem hervorbrachte. Hier war die gezielte Anwendung von Intelligenz der Microsoft Ingenieure im Spiel.

Kommen wir jetzt aber zu den Viren. Jedem ist mittlerweile bekannt, dass es auch Computerviren gibt. Computerviren sind kleine Programmstücke die normalerweise über das Kommunikationsnetz in den Computer gelangen und sich dann in irgendein häufig benutztes Programm wie den Browser oder das Mailsystem einkoppeln. Sie verwenden den Wirtscomputer dazu, Kopien von sich selbst herzustellen und an andere Computer im Kommunikationsnetz zu versenden. Viren können aber auch zusätzliche Funktionen auf einem Wirtscomputer ausführen, die dann in harmlosen Fällen nur Ressourcen wie CPU Kraft oder Speicher verbrauchen, was die Leistungsfähigkeit schwächt. Sie können aber auch den Computer zum Absturz bringen, oder ungewünschte Programme starten. Der Unterschied zu oben genannten Fehlern ist jedoch, dass der Code des Virus bereits getestet wurde, was die Wahrscheinlichkeit für einen sofortigen Computerabsturz gering hält.

Computer werden aber auch gezielt in ähnlicher Weise auf ein zuverlässigeres oder leistungsfähigeres Niveau gebracht. Indem man gezielt Programmteile durch Verändern

einiger Bits variiert, was auch patchen genannt wird, sind zum Beispiel Fehlerkorrekturen möglich, die das Systemverhalten verbessern. Zusätzliche Programme oder Programmteile können hinzugeladen werden z.B. durch Download aus dem Kommunikationsnetz. Die neuen Programme eröffnen dem Computer oder besser gesagt dessen Anwender neue Möglichkeiten. Hier findet offensichtlich eine Evolution für eine Maschine statt. Diese erfolgt jedoch nicht durch zufällige Variation sondern durch geplante Veränderung.

### *Der gepatchte Organismus*

Wie sieht es dazu aber mit einer Analogie für Lebende Organismen aus? Kann es auch hier zu einem vergleichbaren Informationsfluss kommen? Wer ein Lebewesen als Maschine betrachtet, kommt natürlich auch auf die Idee diese Prozedur für biologische Systeme anzuwenden. Das gezielte Einfügen einzelner Gene einer anderen Art in die DNA ist uns als Genmanipulation bekannt. Man identifiziert den Effekt eines Gens einer Art durch Vergleichen der DNA unterschiedlicher Individuen und überträgt ihn dann auf eine andere Art. So kann man dann das Wachstumsgen großer Lachse auf kleinere Forellen übertragen, die dann doppelt so schnell wachsen, oder man überträgt das Gen, das die Resistenz gegen ein Herbizid ermöglicht, auf Nutzpflanzen wie Mais oder Sojabohnen. Wir haben es aber hier genauso wie beim Computer nicht mit einem der Natur zugehörigen Prozess zu tun, sondern mit Ingenieurwissenschaft, genauso wie für das rein technische System den Computer.

### *Evolution aus dem Weltall*

Wenn wir aber von Patches und Downloads einen Schritt zurückgehen zu den Computerviren, so können wir nun auch einen analogen natürlichen evolutionären Informationsfluss bzw. Prozess besser verstehen.

Erinnern wir uns an Fred Hoyle und Chandra Wickramasinghe, die anhand ihrer Entdeckungen in der Astronomie die Hypothese aufgestellt hatten, dass das Leben nicht auf der Erde entstanden ist, sondern im Weltall. Als geeignete Stelle hierfür hatten sie die Kometen in der Oortschen Wolke ausgemacht. Beide haben eine zusätzliche Hypothese aufgestellt, die noch viel weiter geht. Sie behaupten, dass die Evolution hauptsächlich durch Viren getrieben wird, die von den Kometen aus dem All stammen. Wie diese Viren zu uns



gelangen, hatten wir bereits beschrieben. Um diese Hypothese zu rechtfertigen, haben Hoyle und Wickramasinghe eine Reihe von Untersuchungen angestellt. In ihren Dissertationen „Evolution from Space“ und „Diseases from Space“ beschrieben sie Untersuchungen über die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Virenkrankheiten, um anschließend daraus ihre Schlüsse zu ziehen. Sie griffen dabei auf fremdes statistisches Material zurück, das früher für ganz andere Zwecke gesammelt worden war. Hierbei konnten sie feststellen, dass sich die Grippe oder eine Erkältung so schnell verbreitete, dass man eine direkte Ansteckung von Mensch zu Mensch oder die Verbreitung durch den Wind ausschließen konnte. Man erkannte, dass eine Grippewelle an mehreren Orten gleichzeitig startet und von diesen normalerweise nur einen begrenzten Ausbreitungsradius hat. Neben Daten von Schülern, die an englischen Schulen in unterschiedlichen Landesteilen gesammelt worden waren, fanden sie Aufzeichnungen von sardinischen Schafshirten, die lange Zeit völlig isoliert und von anderen Menschen weit entfernt lebten. Man stellte anhand dieser Daten fest, dass diese nahezu gleichzeitig vom Grippevirus infiziert wurden. Der Schluss, dass der gleichzeitige Virenbefall an verschiedenen Stellen eine gemeinsame Ursache haben musste und dass dafür Viren aus dem All in Frage kommen konnten, lag daher für sie nahe.

Man erforschte auch die Geschichte von Virenkrankheiten, wie beispielsweise der Pest. Hierbei stellte man fest, dass das Virus nach einer umfangreichen Pestepidemie immer wieder vollständig verschwand, um dann urplötzlich nach mehreren Generationen im vollen Umfang wieder zuzuschlagen. Die Hypothese, dass diese Viren von einem oder mehreren Kometen stammten, die mit langer Umlaufzeit um die Sonne kreisen, wäre eine denkbare Erklärung für dieses Phänomen. Der alte Aberglaube, dass Kometen Pest und Verderben bringen, wäre damit auch zu erklären, der sich dann gar nicht als Aberglaube erweisen würde.

Viren die in größeren Mengen konzentriert beim Vorbeiflug auf die Erde gelangten, könnten dann auch erklären, dass Fossilienfunde darauf hindeuten, dass die Evolution manchmal in kurzer Zeit große Sprünge gemacht hat. Große Sprünge werden von der klassischen Evolutionstheorie kategorisch abgelehnt, da die Entwicklung bei zufälliger Variation nur in kleinen Schritten erklärt werden kann.

Wenn jedoch ein größeres Stück DNA oder ein komplettes neues Gen, das von Viren eingefügt wurde, für das die Proteinsynthese und damit sein Einfluss für die Formgebung eines Individuums aktiviert würde, so sind auch größere Sprünge denkbar. So ist es denkbar, dass beim Eintritt neuer Kometen in das Innere des Sonnensystems erstmals neue kosmische Gene auf die Erde kommen, die dann die Evolution in eine neue Richtung lenken.

### *Horizontaler Informationsfluss zwischen Lebewesen*

Nachdem wir nun entdeckt haben, dass ein Informationsfluss von Erbinformation von Viren, die ja noch nicht zu den Lebewesen gerechnet werden, zu richtigen Lebewesen möglich ist und stattfindet, muss die Frage erlaubt sein, ob Information in Form von DNA Sequenzen auch von einem vollständigen Lebewesen auf ein anderes ohne geschlechtliche Fortpflanzung übertragen werden kann. Dabei käme es nicht darauf an, ob es sich um Lebewesen der gleichen Art handelt.

Erst in den letzten beiden Jahrzehnten ist auf diesem Gebiet detaillierte Forschung betrieben worden, die eine Neubewertung der Möglichkeit eines horizontalen Gentransfers ermöglichte. Dies hat zwei wichtige Ursachen. Erst in den 90er Jahren des vorigen Jahrhunderts erreichten unser Computer eine Leistungsfähigkeit, die es erlaubte, den vollständigen Code der DNA eines Individuums zu analysieren und zu kartieren. Der erste erfolgreiche Versuch benötigte hierzu eine Laufzeit von zwölf Jahren. Heute können modernste Supercomputer ein solches Ergebnis in drei bis vier Tagen ermitteln. Erst dadurch wurden die Möglichkeiten geschaffen, den DNA Code unterschiedlicher Individuen und Arten zu ermitteln und miteinander zu vergleichen. Solche Vergleiche sind dann in der Lage DNA Sequenzen, die nicht durch zufällige Variation und horizontale Vererbung Eingang gefunden haben, zu identifizieren.

Ein anderer Gesichtspunkt war das Aufkommen der Gentechnologie und hierbei speziell die Angst davor, dass sich genmanipulierte Organismen bzw. fremde oder modifizierte Gene unkontrolliert ausbreiten könnten. Dies vor allem beschleunigte die Forschung, eine horizontale Ausbreitung von Genen bzw. von DNA Strukturen im Detail zu untersuchen.

### *Horizontaler Gentransfer*

Horizontaler Gentransfer bedeutet, dass ein Organismus sein genetisches Material an einen anderen überträgt, der nicht zu seinem direkten biologischen Nachwuchs gerechnet werden kann. Aber gibt es so etwas wirklich in der Natur, wenn man die künstliche Genmanipulation einmal ausschließt? Als Erstes ist ein solcher Transfer schwer zu entdecken. Die beste Chance bietet ein detaillierter Vergleich von Gensequenzen unterschiedlicher Arten und Rassen. Dies hat erst die moderne DNA Analyse in den letzten zwei Jahrzehnten ermöglicht. Zunächst einmal konnte ein solcher Vergleich die Abstammung der unterschiedlichen Arten und Rassen, wie sie üblicherweise in Form eines Baumes

dargestellt wird, weitgehend bestätigen. Aber immer wieder stieß man auf gemeinsame Gene von Individuen, die nicht voneinander abstammten und stellte fest, dass deren Vorfahren, besonders der letzte gemeinsame Vorfahre, der in weiter Entfernung innerhalb des Baumes zu finden ist, dieses Gen gar nicht besaß. Daraus konnte man die Hypothese aufstellen, dass es Querverbindungen zwischen den einzelnen Ästen des Baumes geben müsse. Solche Querverbindungen kann man sich wie Spinnenfäden zwischen einzelnen Ästen des Baumes vorstellen. Zahlreiche Studien von Populationen mit Bakterien, die an und in Pflanzen leben, wiesen Gene auf, die einen ungewöhnlichen Gehalt an Guanin und Cytosin-Basen hatten, der signifikant von den übrigen Genen abwich. Da sich der hohe Guanin und Cytosinanteil im Rahmen der Darwinschen Evolution durch Variation und Selektion jedoch im Laufe der Entwicklungsgeschichte des Lebewesen auf dem Niveau der übrigen Gene hätte einpendeln müssen, kann dies als Indikator dafür gewertet werden das diese Gene erst viel später durch horizontalen Transfer hinzukamen.

Bevor aber die Hypothese eines horizontalen Gentransfers als bewiesen angesehen kann, ist es notwendig, die Mechanismen eines solchen Transfers zu verstehen, damit man anschließend, durch Beobachtung in der Natur oder im Labor die Bestätigung findet. Es sind unterschiedliche Wege einer horizontalen Übertragung möglich und nachweisbar.

Den ersten Weg hatten wir schon in Teilen bei der Diskussion der Evolution aus dem Weltall erkannt: Viren können ein Stück DNA in eine infizierte Zelle einbringen. Wenn Viren dieses in eine infizierte Zelle eingefügte Stück der DNA von einem anderen Organismus vorher erworben haben, so kann auf diese Weise der horizontale Gentransfer stattfinden.

Das Ganze lässt sich mittels einer Analogie zum Computer besonders deutlich machen. Erinnern wir uns an unser Programm Weasel 3.0. Hier existierten mehrere Kopien der Zeichenfolge, die mittels zufälliger Variation und kumulativer Selektion durch eine Fitnessfunktion gegen den Zielsatz METHINKS IT IS LIKE A WEASEL konvergieren sollte. Um die Vererbung mittels Sexualität zu simulieren, teilten wir die Zeichenketten in vier Teilketten ein, die wir mit Teilketten anderer Kopien rekombinierten. Die verschiedenen Kopien von Zeichenketten repräsentieren hierbei das Erbmateriale der einzelnen Individuen einer Art. Die vier Teilketten können mit den Genen eines Individuums verglichen werden.

Stellen wir uns nun ein zweites Programm vor das genauso funktioniert aber gegen einen anderen Zielsatz konvergiert sagen wir: ICH GLAUB MICH KNUTSCHT EIN ELCH. Das erste Programm repräsentiert die Art Wiesel, das zweite die Art Elch. Ein etwas erfahrener Programmierer könnte jetzt leicht ein Computervirus programmieren, das sich in das Programm Elch einnistet und sich hier eine Teilkette des Zeichensatzes aneignet. Es

produziert Kopien des Computervirus, die diese Teilkette enthalten, die sich anschließend in das Programm Wiesel einnisten. Hier ersetzen sie in einer der Kopien eine Teilkette einer Kopie bzw. ein Gen eines Individuums Wiesel mit einer Teilkette bzw. einem Gen des Individuums Elch. Teilketten die auf diese Weise vom Elch auf das Wiesel übertragen werden, können statistisch dadurch identifiziert werden, dass sie im Vergleich zu den originalen Teilketten des Wiesels unverhältnismäßig viele C oder U enthalten, die von der Fitnessfunktion des Elchs bevorzugt werden, aber von der Fitnessfunktion des Wiesels eliminiert werden, da der Zielsatz METHINKS IT IS LIKE A WEASEL diese beiden Zeichen gar nicht enthält.

Mit der Zeit geht aber dieses Verhältnis wieder verloren da ja nun die zufällige Variation und Fitnessfunktion des Wiesels nach und nach alles wieder auf die gleiche Wahrscheinlichkeitsverteilung bringen, die die originalen Teilketten des Wiesels besitzen.

Daraus lässt sich schließen, dass diese Art von horizontalem Informationsfluss bzw. Gentransfer auf lange Sicht keinerlei Einfluss auf die evolutionäre Entwicklung im Programm Wiesel nimmt. Dies ändert sich jedoch wenn wir einen horizontalen Transfer einer dem Wiesel verwandten Art in Betracht ziehen. Nehmen wir als verwandte Art einfach unser Programm mit dem Algorithmus Weasel 1.0. Dieser konvergiert viel schneller gegen das evolutionäre Ziel. Eine Übertragung eines acht Zeichen langen Teilstrings von Weasel 1.0 würde damit mit hoher Wahrscheinlichkeit einen evolutionären Vorteil ergeben, wenn dieser aufgrund der schnelleren Konvergenz von Weasel 1.0 eine größere Übereinstimmung mit dem Zielsatz zeigt, als der Teilstring, der in Weasel 3.0 ersetzt wird.

Interessanterweise hat man genau diesen Effekt bei Gentransfer zwischen Bakterien, die mehr oder weniger miteinander verwand sind, auch in Wirklichkeit beobachten können.

Der Anteil solcher Gene ist im Vergleich zu den ererbten Genen relativ gering, sodass die Entwicklung der Arten anhand der Baumstruktur sicher immer noch die Hauptrolle bei der Evolution gespielt haben sollte. Am häufigsten findet man Gene, die im Verdacht stehen horizontal übertragen worden zu sein, bei Mikroorganismen. Hier beträgt ihr Anteil ca. zwei Prozent. Wenn ein solches Gen jedoch codiert, d.h. von der RNA abgelesen wird und für den Aufbau von Proteinen herangezogen wird, so kann es einen signifikanten Einfluss auf die evolutionäre Entwicklung haben.

Aber es gibt noch weitere Möglichkeiten, wie ein horizontaler Gentransfer ablaufen kann. Ein dieser Möglichkeiten wird von den Fachleuten Konjugation genannt. Hierbei handelt es sich um einen Gentransfer durch direkte Berührung zweier Organismen. So können z.B. Bakterien durch Ausscheidung eines Enzyms die Zellmembran eines andern Organismus

an einer Stelle auflösen und so eine Brücke zwischen diesen Zellen bilden. Über diese Brücke kann dann genetisches Material horizontal übertragen werden.

Hierbei spielen DNA Sequenzen eine Rolle, die nicht einen Teil der Chromosomen ausmachen, sondern sich als kurze DNA-Ringe innerhalb der Zelle frei bewegen können. Solche DNA Ringe nennt man Plasmide. Sie haben eine ähnliche Struktur, wie die uns aus einem früheren Kapitel bekannten Viroide, existieren jedoch nur innerhalb von Zellen und können sich hier replizieren. Sie können sich aber auch wie Viren und Viroide in die DNA der Chromosomen integrieren. Solche Plasmide können sich nun über eine Brücke zwischen den Zellen zweier Organismen auf die andere Seite bewegen, wodurch der Gentransfer stattfindet.

Plasmide haben unterschiedliche Funktionen in einer Zelle. Sie können z.B. Resistenzgene enthalten, die den Organismus gegen bestimmte Gifte oder aber auch Antibiotika resistent machen. Letzteres hat besonders dazu beigetragen, das man den horizontale Gentransfer genauer erforscht. Plasmide können andererseits auch Gene enthalten, die Proteine erzeugen können, die für andere Bakterien giftig sind, oder sie können fremdartige Substanzen, die in eine Zelle eindringen, abbauen.

Eine besonders interessante Funktion von Plasmiden ist die Fruchbarkeitsfunktion. Die DNA Sequenz des Plasmids integriert sich dabei in die Doppelhelix der DNA eines Chromosoms. Dieses Stück kann nun eine weitere Variante der horizontalen Genübertragung einleiten, indem es an der Stelle, an der es eingefügt ist, die DNA in der Mitte der Doppelhelix in zwei Teile aufspaltet. Gleichzeitig wird der Vorgang eingeleitet, der zwei Zellen zweier unterschiedlicher Organismen miteinander über eine Brücke verbindet. Wenn die Brücke besteht, wird die eine Hälfte der aufgespaltenen DNA Sequenz in die andere Zelle überführt. Nachdem sich die Zellen separiert haben, komplettieren sich sie aufgespaltenen DNA Sequenzen wieder zu einer Doppelhelix.

Sehen wir uns aber einmal ein paar interessante Beispiele hierzu an. Das Bakterium *Agrobacterium tumefaciens*, *tumefaciens* steht übrigens für tumor- bzw. krebserzeugend, bietet gleich mehrere Beispiele. So sucht diese Bakterie gezielt anhand von Substanzen, die von verletztem Gewebe gebildet werden, Stellen von Pflanzen mit Verletzungen auf, über die es seine Plasmide in die Wirtspflanze übertragen kann. Nach einer Rekombination der DNA der infizierten Wirtszelle löst eine veränderte Proteincodierung die Bildung von Krebsgeschwüren aus, die z.B. am Wurzelhals von Zuckerrüben oder an Stämmen von Obstbäumen erkennbar sind.

Gene des Agrobakteriums findet man auch in Tabakpflanzen, in denen es weitervererbt wird.

Die Gentechnik macht sich das Agrobakterium wegen seiner Plasmide mit Fruchtbarkeitsfunktion zu Nutze, indem man Gensequenzen dieser Plasmide gegen fremde Gensequenzen austauscht, die man zuvor von Kolibakterien hat zusammensetzen lassen. Das Agrobakterium kann diese dann in einen anderen Organismus einbringen. Nachdem das Plasmid seine Gene in ein Chromosom integriert hat, kann man aus solchen genmanipulierten Zellen im Labor wieder neue Pflanzen aufziehen, die nun die gewünschten Eigenschaften wie Resistenz gegen Schädlinge und Pilze oder sogar Kälte zeigen, frei von Allergenen sind oder wertvollere Nährstoffe produzieren.

Aber bei all den positiven Aspekten die die Gentechnologie aufzeigen kann, gibt es eine Unsicherheit und Angst, dass sich künstlich produzierte Gensequenzen unkontrolliert verbreiten und dabei ungewünschte oder sogar gefährliche Nebeneffekte aufweisen. So ist es möglich, dass die Gene genmanipulierter Organismen sich ganz normal durch vertikalen Gentransfer auf die Nachkommen verbreiten. Nachkommen gibt es aber nicht nur innerhalb der gleichen Sorte oder Rasse, sondern es kann auch zu Kreuzbefruchtungen mit nicht den gleichen sondern ähnlichen Organismen kommen. In Kanada verklagte sogar eine Firma, die genmanipuliertes Saatgut für Raps produziert, Farmer die gewöhnlichen Raps anbauen, wegen unzulässiger Anwendung ihrer Patente, da das von den Farmern selbst produzierte Saatgut bereits zu einem gewissen Prozentsatz die künstlichen Gene erhielt. Diese waren durch Kreuzbefruchtung von Feldern anderer Farmer, die Genraps anbauten, hierher gelangt.

Bevor man genmanipulierte Pflanzen in die Natur entlässt, wird jedoch gründlich getestet, dass die neuen Gene in der Art verträglich sind, und nicht auf andere Arten übertragen werden können. Wie wir aber oben lesen konnten ist es möglich, dass DNA Sequenzen von Organismen einer Art auf Organismen einer anderen Art durch die Mechanismen des horizontalen Gentransfers übertragen werden. Dies ist besonders bei Mikroorganismen zu beobachten. Da sind Bedenken absolut nicht unangebracht, dass z.B. Resistenzgene in beispielsweise Bakterien Eingang finden, die als Krankheitserreger bekannt sind. Sollte es diesen Resistenzgenen dann gelingen, die Krankheitserreger resistent gegen unsere Medizin zu machen, wären die Folgen unabsehbar.

Aber hat sich dieser Effekt schon einmal im Labor beobachten lassen? Unser bereits bekanntes Agrobakterium hat es im Labor bereits soweit gebracht, aus einer Kartoffel, die ein künstliches Resistenzgen besaß, dieses Gen der Kartoffel in seine eigenen Gene zu integrieren. Die zweite Hälfte des Prozesses, also dass das Agrobakterium dieses Gen an einen dritten anderen Organismus weitergeben kann, ist allerdings bisher nicht im Labor beobachtet worden.

Aber es gibt noch einen weiteren Weg für horizontalen Gentransfer: die direkte Aufnahme von fremder DNA. Offensichtlich kommen die meisten Organismen bei der Nahrungsaufnahme direkt mit der DNA fremder Organismen, die Ihnen als Nahrung dienen, in Berührung. Aber kann auf diese Weise Erbinformation aus der Nahrung in die eigenen Erbinformation aufgenommen werden?

Wieder einmal sind es die Bakterien, von denen sich eine Gruppe dadurch auszeichnet, dass sie fremde DNA in die eigenen Zellen aufnehmen kann. Solche Bakterien werden von den Biologen als „kompetent“ bezeichnet. Aber mit der Aufnahme allein ist es noch nicht getan. Erst durch Rekombination mit der eigenen DNA kann die neue DNA sich weitervererben und geht in der nächsten Generation nicht schon wieder verloren. Dies kann bei Kolibakterien häufig beobachtet werden.

Man hat verschiedene Umgebungen festgestellt, in denen bevorzugt eine Aufnahme fremder Gene stattfindet. So sind es bei Pflanzen der Kontaktraum zwischen Wurzel und Boden, sowie die Oberfläche der Blätter. Bei Tieren ist es vorwiegend der Verdauungstrakt, in dem sich auch die oben genannten Kolibakterien aufhalten. DNA toter Organismen zersetzt sich relativ schnell. Sie kann aber auch von Bodenpartikeln wie Ton absorbiert werden, sodass Bruchstücke auch jahrelang überleben können. Diese können dann unter Umständen von Pflanzen aufgenommen werden.

Im Dünndarm von Säugetieren und auch Menschen findet sich bisweilen der Parasit *Cryptosporidium parvum*, der mitunter lebensbedrohliche Durchfälle auslösen kann. Bei der DNA-Analyse dieses Parasiten entdeckte man nicht weniger als 24 DNA-Sequenzen, die von Bakterien stammen, die diesem als Nahrung dienen.

Es gibt noch weitere interessante Beispiele wie Pilze. Der Hefepilz der ganz normalen Bäckerhefe besitzt zwei Gene, die er durch horizontalen Gentransfer von Bakterien erhalten hat. Beide dieser Gene codieren Proteine bzw. Enzyme, die der Hefezelle einen evolutionären Vorteil verschaffen. So ermöglicht das eine Gen z.B. die Energiegewinnung aus Schwefel von organischen schwefelhaltigen Materialien.

Die pazifische Eibe produziert Taxol, einen Stoff, der als Arzneimittel gegen Krebs Anwendung findet. Auf diesen Eiben findet man einen parasitisierenden Pilz. Die DNA-Analyse dieses Pilzes zeigt, dass der Pilz selbst das spezifische Gen der Eibe erworben hat, das ihn in die Lage versetzt, seinerseits Taxol zu produzieren.

Noch ein weiteres Beispiel zeigt die Probleme im Zusammenhang mit genmanipulierten Pflanzen. Der Pilz *Aspergillus niger* verbreitet sich in Pflanzen, speziell in Kreuzblütlern wie z.B. Raps. Infizierte Pflanzenzellen sterben kurze Zeit später ab. Bei der Untersuchung von

Pilzsporen, die sich bei einer Pflanze fanden, die ein Resistenzgen gegen Hygromycin erhalten hatte, konnte man diese Resistenz auch bei den Pilzsporen selbst finden. Daraufhin konnte man feststellen, dass der Pilz das entsprechende fremde Gen tatsächlich selbst erworben hatte. Die Resistenz des Pilzes ging jedoch später wieder verloren.

Aber es gibt auch Beispiele aus der Tierwelt. Wolbachia ist eine symbiotische bzw. parasitäre Bakterie, die im Gewebe zahlreicher Insekten lebt. Bruchstücke ihrer DNA lassen sich in der DNA ihrer Wirtstiere wiederfinden. So findet man im chinesischen Bohnenkäfer Adzuki mehrere DNA Sequenzen dieser Bakterie. Bei der Fruchtfliege *Drosophila annanassae* hat man ein vollständiges Gen von Wolbachia gefunden, das in ein Chromosom des Insekts integriert worden ist.

Zusammenfassend lässt sich folgendes feststellen. Horizontaler Gentransfer ist eine nicht zu leugnende Tatsache, die die Evolution von Lebewesen signifikant beeinflussen kann. Die horizontale Übertragung vollständiger Gene ermöglicht damit theoretisch auch Erklärungen größerer Sprünge auf der Entwicklungsleiter von Lebewesen. Die Frage, die gestellt werden muss ist, wie relevant diese Art von Informationsübertragung für die Evolution ist. Zweifellos ist horizontale Genübertragung keine alternative Erklärung für die Evolution, die Darwins Mechanismus ersetzen würde.

Doch muss die Frage nach ihrem Anteil an der evolutionären Entwicklung gestellt werden. Hierzu lässt sich feststellen, dass horizontale Genübertragung bei im Meer lebenden Microorganismen in großem Rahmen stattfindet. Man schätzt die Anzahl allein der im Meer lebenden Viren auf  $10^{29}$ , was Viren zu den am meisten verbreiteten biologischen Objekten in den Meeren macht. Hiervon ausgehend haben Forscher errechnet, dass allein im Mittelmeer jährlich  $10^{13}$  durch Viren ausgelöste horizontale Gentransfers stattfinden.

Labortests konnten einerseits zeigen, dass gewisse Bakterien wie Acinetobakter mit der hohen Wahrscheinlichkeit von 1:100 DNA aufnehmen konnten. Andererseits aber der Transfer künstlicher Gene von genmanipulierten Pflanzen die extrem geringe Wahrscheinlichkeit von  $1:10^{11}$  bis  $1:10^{16}$  hatte.

Man geht heute aufgrund solcher Werte, die noch weiterer Ergänzung bedürfen, davon aus, dass horizontaler Gentransfer die Evolutionsgeschichte beeinflusst hat, wenn auch Darwins Mechanismus dabei immer noch die Hauptrolle spielt. Da jedoch Microorganismen in Verdacht stehen, besonders betroffen zu sein, ist es nicht auszuschließen, dass nachdem die Forschung zu weiteren Detailkenntnissen gelangt ist, wenigstens die Wurzel des Baumes, der die Entstehung der Arten darstellt, neu gezeichnet werden muss.



Die Kenntnis dieses Informationsweges öffnet den Weg für völlig neue Spekulationen, Denkansätze und Hypothesen. Wie wir wissen, locken Pflanzen Insekten an, indem sie Duftstoffe absondern, die den Pheromonen der Insekten gleichen, die damit ihre Geschlechtspartner anlocken. Dass eine Pflanze genau diesen Duftstoff produzieren kann, ist schon sehr unwahrscheinlich. Dass dieser Duftstoff zufällig entstand, hat schon eine niedrige Wahrscheinlichkeit, die nur mittels Darwins Mechanismus auf realistische Werte gelangen kann. Das genau dieser Duftstoff aber ein zweites Mal mit der gleichen niedrigen Wahrscheinlichkeit entsteht, stellt jedoch schon bedeutend größere Anforderungen an eine Kette zufälliger Mutationen und eine kumulative Selektion.

Man könnte sich nun alternativ vorstellen, dass die Pflanze das Gen zur Produktion des Lockstoffes für das Insekt bei einem Besuch der Blüten irgendwie mittels Bakterien wie *Wolbachia*, die im Gewebe des Insektes parasitierten, erworben hat und nach Integration in die eigenen Gene zur Produktion dieses Lockstoffes benutzt. Das ist so hingestellt nur eine fixe Idee oder bestenfalls im Ansatz eine Hypothese. Aber vergleicht man diesen Weg mit der Wahrscheinlichkeit die uns Darwins Mechanismus präsentiert, so ist sicher der eine oder andere Leser rein gefühlsmäßig geneigt, diese Hypothese nicht von vorn herein zu verwerfen. Aber wir werden hierauf noch später genauer eingehen, wenn wir alle Wege eines möglichen Informationsflusses durchleuchtet haben.

### *Zusätzlicher Informationsfluss von außerhalb des Organismus*

Eine Vielzahl durch den mechanistischen Ansatz unerklärbarer Eigenschaften von Lebewesen und deren Entwicklung ließ Hypothesen aufkeimen, dass zusätzlich zu der einem Lebewesen bzw. dessen Samen innewohnende Information weitere Information von außen erforderlich sein müsse, um eine Reihe von Phänomenen erklären zu können.

Wer eine solche Hypothese aufgreift, muss es sich gefallen lassen, relativ schnell von den Befürwortern des mechanistischen Ansatzes und der geltenden Paradigmen unter Beschuss genommen zu werden. Während es im Mittelalter feststand, dass ein Schöpfer von außen kontrollierend und planend eingriff, so war es ja genau das, was die neuen Paradigmen der Aufklärung ausgrenzen konnten. Die Gesetze der Physik und Chemie sowie Darwins Mechanismus allein, waren nun geeignet das Leben zu erklären. Wenn also jemand versucht Gesichtspunkte für einen Informationsfluss von außen bei der Erklärung des Lebens einzubringen, so wird er meistens sofort in die reaktionäre religiös-fundamentalistische Ecke gestellt.

Natürlich passt eine solche Hypothese gut zusammen mit einer religiösen Anschauung, die einen Gott als Ursache und Informationsquelle hierfür vorsieht. Aber das ist gar nicht der Kern dieser Hypothese. Wissenschaftler, die solche Hypothesen aufgestellt haben, hatten normalerweise zunächst einmal die Unzulänglichkeit der aktuellen Lehre für einen bestimmten Erklärungsbedarf im Auge und nicht die Position der Kirche.

So sah z.B. Lamarck einen durch die Naturgesetze nicht erklärbaren Trend bei der Entwicklung von Lebewesen zu einer Erhöhung ihres Komplexitätsgrades. Er machte dafür etwas verantwortlich, dass er Vitalfaktoren nannte, ohne dass er dafür eine naturwissenschaftliche Erklärung anbieten konnte.

Erklärungsversuche von Rationalisten wie Descartes, die der Ansicht waren, dass der Mensch aus einem materiellen Körper und einem immateriellen Geist bestehe, die über das Gehirn miteinander kommunizieren, wurden aus dem Bereich der Naturwissenschaft verbannt, da so etwas wie Geist nicht auf physikalische oder chemische Weise erklärbar ist.

Wissenschaftler die der Ansicht waren, dass der mechanistische Ansatz der Naturwissenschaften nicht in der Lage sei, das Leben zu erklären, ließen deshalb wie bereits Lamarck die Frage offen, wodurch Erklärungsversuche nur noch im geisteswissenschaftlichen Bereich stattfanden, der aber von den Naturwissenschaftlern nicht ernst genommen wurde. Wir werden in einem späteren Kapitel noch genauer auf die Rolle des Geistes bei der Erklärung eingehen.

### *Vitalismus*

Der Vitalismus ist eine eher philosophisch – naturwissenschaftliche Lebensanschauung, die die Auffassung vertritt, dass hinter Leben ein organisierendes Prinzip steckt, das mehr beinhaltet als mit physikalisch chemischen Mechanismen und Kausalität erklärt werden kann. So sieht man für das Leben eine spezielle Lebenskraft, die man „vis vitalis“ nennt, was den Begriff Vitalismus erklärt. Diese Lebenskraft ist bei der Entwicklung eines lebenden Organismus immer auf ein Gesamtziel ausgerichtet.

Aber schon die alten Griechen besaßen eine ähnliche Philosophie die Aristoteles begründete. Diese beinhaltet ebenfalls einen Dualismus, in dem es ein materielles Prinzip gibt, das der Materie die Möglichkeit einer Formbarkeit verleiht, das Dynamis genannt wird. Ein zweites Prinzip wird Entelechie genannt, welches in der Lage ist, die Materie zu formen. Leben wird auf diese Weise als von der Entelechie in Form versetzte Materie verstanden. Aristoteles führte hierzu ein gut verständliches Beispiel einer Marmorstatue an. Ein Marmorblock als Ausgangsmaterial besitzt alle Möglichkeiten der Formbarkeit. Die Information, wie aus diesem Block die Statue geformt wird, und wie diese das Aussehen

einer vorgegebenen Person erlangt, ist jedoch nicht im Marmorblock selbst vorhanden, sondern wird von einem Bildhauer eingebracht, der dem Marmorblock die Form der Statue gibt. Der Begriff Entelechie wird heute gern als Synonym für Vitalfaktoren oder Lebenskraft gebraucht.

Vitalismus steht somit in direktem Gegensatz zu einer materialistisch, darwinistischen Theorie. Da der Vitalismus jedoch eine geisteswissenschaftliche Komponente enthält, die außerhalb der Naturwissenschaften angesiedelt ist, ist eine intellektuelle Auseinandersetzung der beiden Richtungen miteinander sehr schwierig, da die Naturwissenschaften die Geisteswissenschaften entweder ausgrenzen oder ihnen eine dichterische Freiheit zugestehen, die es ihnen erlaubt, sie nicht ernst zu nehmen. Vertreter des Vitalismus findet man deshalb auch größtenteils unter den Philosophen und Geisteswissenschaftlern.

Nachdem die neuen Paradigmen vitalistische Anschauungen der Antike und des Mittelalters verdrängt hatten, kam es jedoch erneut zu einer Belebung des Vitalismus. Mit der Erfindung des Mikroskops kam man der Entwicklung des Lebens näher auf die Spur. Entdeckungen bei der Embryoentwicklung und der Befruchtung von Keimzellen warfen eine ganze Reihe neuer Fragen auf, die mit der materialistischen und darwinistischen Lehre nicht zufriedenstellend erklärt werden konnten. Man sah unter dem Mikroskop wie sich einfache Zellhaufen in Vorstufen von Lebewesen verwandelten. Beim Vergleich von Embryonen unterschiedlicher Arten, die anfangs weitgehend gleich aussahen entdeckte man, dass sie sich erst später zu spezifischen Formen ausprägten, die ein bestimmtes Organ oder eine bestimmte Art ausmachten. Hierzu gab es keine einfachen Erklärungen, wie die eines Homunkulus, der als keines Lebewesen in der Eizelle saß, und nur noch zu wachsen brauchte. Die Entwicklung war offensichtlich epigenetisch, d.h. der Komplexitätsgrad des Organismus nahm im Laufe seiner Entwicklung zu.

Aristoteles hatte zu diesem Zeitpunkt plötzlich wieder die bessere Erklärung.

Die neuerwachte Diskussion wurde vorwiegend auf der philosophischen Seite unter erkenntnistheoretischen Gesichtspunkten geführt, während die Wissenschaft sich weiterentwickelte und mit dem Aufkommen neuen wissenschaftlicher Zweige wie der Physiologie, Zellforschung oder der Genetik völlig neue Erklärungsmodelle anbieten konnte. Diese bestätigten einerseits die bestehende offizielle Lehre und konnten andererseits Antworten auf viele Fragen der Vitalisten geben. Man verstand nun die Mechanismen der genetischen Befruchtung, der Vererbung mittels Chromosomen und der Zellteilung in allen Einzelheiten und sah so die Forderung nach zusätzlichen Faktoren, die auf die Entwicklung

Einfluss nahmen, als überflüssig an. Somit konnte man den Vitalismus als widerlegt ansehen.

Aber das galt nur für eine kurze Zeit. Die experimentelle Forschung in diesen neuen Wissenschaftszweigen warf relativ schnell eine Reihe neuer Fragen auf anderem Niveau auf, die auch nicht mit dem mechanistischen Erklärungsmodell beantwortet werden konnten und für die die vitalistische Anschauung eine Erklärung bot.

Der Biologe Hans Driesch machte eine ganze Reihe interessanter Versuche, die die Unzulänglichkeit des naturwissenschaftlichen Erklärungsmodells aufzeigten. So experimentierte er mit Embryonen von Seeigeln. Mit einer heißen Nadel tötete er die Hälfte der Zellen ab und beobachtete die weitere Entwicklung. Das verblüffende Ergebnis des Experimentes war, dass sich aus den restlichen Zellen immer noch ein Seeigel entwickelte, dem nicht, wie man hätte erwarten können, wichtige Organe fehlten. Es entstand vielmehr ein vollständiger und völlig funktionsfähiger Seeigel, der jedoch etwas kleiner war als ein Seeigel, mit dem nicht auf diese Weise verfahren worden war. Driesch machte ähnliche Experimente mit anderen Lebewesen. So nahm er z.B. die Puppen von Libellenlarven und schnürte einen Teil der Puppe ab. Wieder entstand bei dem Experiment ein etwas kleinerer aber völlig intakter Organismus, einer Libelle.

Driesch konstatierte, das offensichtlich die Entwicklung eines Lebewesens nicht mit dem Zusammenbau einer Maschine zu vergleichen war. Im Gegensatz zu einer Maschine, die aus Einzelteilen mit bestimmter Funktion zusammengesetzt wird, haben die einzelnen Zellen bei der Entwicklung eines Lebewesens anfangs keine vorgegebene Aufgabe oder Funktion. Die Zerstörung wichtiger Einzelteile einer Maschine beeinträchtigt in hohem Masse die Funktionsfähigkeit, während die Entwicklung eines lebenden Organismus regulierende Funktionen hat, die die Entwicklung bei Störungen oder Abweichungen zu jedem Zeitpunkt wieder in Richtung Gesamtziel steuern können, wobei Form und Organisation an Komplexität zunehmen.

Regulation ließ sich aber nicht nur bei der Entwicklung von Embryonen beobachten, sondern selbst bei fertigen Organismen. Wenn man z.B. einen Wattwurm zerschneidet, so bildet sich aus jedem Teil wieder ein vollständiger Wattwurm. Eine Eidechse kann auf der Flucht ihren Schwanz abwerfen, um so ihre Feinde abzulenken. Der Schwanz wächst aber wieder nach, genauso wie die Schere eines Krebses, der diese im Kampf verloren hat. Experimente haben gezeigt, dass bei der Regeneration von Zellen ausgegangen werden kann, die zu völlig anderen Organen gehören, als das was ersetzt werden soll. So konnte man z.B.

beobachten, dass einem Molch, dem die Augenlinse entfernt worden war, eine neue Augenlinse aus einem anderen benachbarten Gewebe nachwuchs.

Driesch stellte deshalb die Hypothese auf, dass es externe Entwicklungsfaktoren geben müsse, die diese Regulation beeinflussen. Wenn man heute die DNA von einem Menschen und einem Affen betrachtet, so stimmen diese zu 98,9% überein. Die äußere Gestalt beider Lebewesen zeigt jedoch erheblich größere Unterschiede auf. Die Erklärung, wie man von einer DNA Struktur zur Proteinsynthese gelangt und wie die Proteine zur Form des Organismus beitragen, ist deshalb allein völlig unzureichend. Entscheidenden Einfluss auf die Form eines Individuums haben offensichtlich auch der Zeitpunkt, wann eine Proteinsynthese aktiviert wird und die Dauer, wie lange sie stattfindet.

Damit war die vitalistische Position erneut in die Diskussion gelangt. Aber auch Driesch forderte wie seine Vorgänger eine unbekannte externe Kraft, die er mit den Naturgesetzen nicht erklären konnte. Wenn man aber diese unbekannte Kraft nicht physikalisch oder chemisch erklären konnte, so sollte es aber möglich sein, ihre Wirkung experimentell zu zeigen, wodurch man auf ihre Existenz schließen könnte.

Hierzu führte der Biologe Harold Burr einige interessante Experimente durch. So legte er ein Salamanderembryo in eine alkalische Lösung. Die Folge hiervon war, dass das Embryo völlig auseinanderfiel und sich die Zellen separierten. Nachdem er aber die Zellen in eine leicht säurehaltige Lösung überführte, schlossen sie sich wieder zu dem Embryo zusammen. Dies lässt sich als ein Indiz dafür werten, dass die Entwicklung des Lebens immer auf ein Gesamtziel ausgerichtet ist und möglicherweise von einer organisierenden externen Kraft gesteuert wird.

Driesch formulierte seine Hypothese des so genannten Neuvitalismus wie folgt:

Das Leben ist nicht das Produkt der Materie, sondern ein organisierendes Prinzip hinter der Materie. Naturgesetze und Zufall produzieren die Grundbausteine, dann greift das Leben ein und organisiert sie zu komplexen Formen.

Diese Hypothese musste automatisch den Widerspruch der Naturwissenschaftler auf den Plan rufen. Driesch forderte offensichtlich eine Kraft, die nicht mit den bekannten Kräften der Naturgesetze zu erklären war und daher auch nicht existierte. Zusätzlich widersprach es der naturwissenschaftlichen Vorgehensweise, dass man einen Lösungsansatz nicht unnötig komplizieren sollte. Die offizielle Lehrmeinung stellte den einfacheren Weg dar, wenn sie auch auf die von Driesch erhobenen Fragen noch keine zufriedenstellende Antwort hatte.

Aber nach einer solchen Antwort wurde im Rahmen der Naturgesetze fleißig gesucht und es tauchten Erklärungsmodelle auf, die den Versuch unternahmen, die Phänomene im Rahmen der physikalischen und chemischen Gesetze zu erklären.

### *Epigenetik.*

Unter Epigenetik versteht man die Lehre vom Einfluss von Umweltfaktoren auf die genetische Entwicklung. Als Beispiel seien hier Stress, Schadstoffe oder die Ernährung genannt. Umwelteinflüsse können auf die Aktivität einzelner Gene Einfluss nehmen. Hierbei kommt es jedoch nicht, wie wir es von der Genetik kennen, zu Mutation innerhalb der DNA, sondern der Einfluss epigenetischer Effekte beschränkt sich darauf, eine Veränderung vorzunehmen, von dem, was von der RNA an Genen abgelesen wird und was nicht.

Dies geschieht dadurch dass sich kleine Moleküle an die DNA Basen oder die Proteine, in die die Gene verpackt sind, anhängen. Der Mensch besitzt ca. 20 000 Gene, die zusammen einen DNA String von ungefähr zwei Metern Länge bilden. Dieser ist in jeder einzelnen Zelle vorhanden. Damit er dort hineinpasst, wickelt er sich um bestimmte Proteine auf, die Histone genannt werden.

Auf der einen Seite spricht man von einer Methylierung bei der sich Methgruppen ( $\text{CH}_3$ ) an bestimmte DNA Basen anlagern. An diese Methgruppen können sich anschließend Proteine binden, wodurch sich der entsprechende Bereich des DNA Strings verdichtet. Dies hat aber zur Folge, dass dieser Bereich von der RNA nicht mehr abgelesen werden kann. So werden die körperlichen Merkmale wie z.B. die Augenfarbe oder ein körperlicher Schutz vor für bestimmten Krankheiten nicht mehr ausgeprägt. Das Abschalten eines Gens durch Methylierung kann aber auch rückgängig gemacht werden, da es sich nicht um eine Mutation der DNA handelt, sondern nur um eine Modifikation. Mittels eines Enzyms kann auch eine Demethylierung erfolgen, wodurch die Wirkung einer Methylierung wieder aufgehoben wird.

Auf der anderen Seite haben wir die so genannte Acetylierung, bei der gewisse Acetylgruppen mittels Enzymen sich an die Histone, die „Verpackung“ der Gene, binden. Hierdurch kommt es zu einer Auflockerung des aufgewickelten DNA Strings, wodurch ein Gen leichter ablesbar wird. So treten neue Eigenschaften bei Tochterzellen auf, die ursprünglich nicht vorhanden waren. Wie bei der Methylierung ist auch die Acetylierung wieder umkehrbar, d.h. sie kann auch wieder rückgängig gemacht werden.

Epigenetische Effekte haben aber auch einen Einfluß auf die DNA von Ei- und Samenzellen. Auf diese Weise können auf epigenetisch erworbene Eigenschaften nicht nur auf eine Tochterzelle bei gewöhnlicher Zellteilung weitergegeben werden, sondern sogar an die nächste Generation eines Lebewesens vererbt werden.

Man könnte beim Vergleich der DNA eineiiger Zwillinge sehen, dass diese bei der Geburt identisch war, im Laufe vieler Jahre aufgrund unterschiedlicher Lebensverhältnisse aber zu signifikanten epigenetischen Unterschieden führte, die nicht nur für die DNA sondern auch bei den Individuen selbst zu sichtbaren Unterschieden z.B. bei der Anfälligkeit für Krankheiten führte.

### *Gibt es ein genetisches Programm?*

Bei der Suche nach der Information und Ursache, die zur Formgebung eines Organismus beitrug, konnte man diese in der DNA Struktur zunächst nicht lokalisieren. Die Neodarwinisten, die Darwin auf der molekularbiologischen Ebene bestätigt sahen, suchten jedoch nach neuen Erkenntnissen, die Drieschs vitalistische Hypothese überflüssig machen sollten. Hier bot sich die moderne DNA Analyse als Werkzeug an, das die DNA als Ausgangspunkt einer Kausalkette bei der Entwicklung eines Lebewesens bestätigen sollte. Eine solche Kausalkette läuft nach den geltenden Paradigmen wie folgt ab. In der DNA sind alle individuellen Eigenschaften eines Individuums in Form von Genen gespeichert. Die Speicherung erfolgt auf folgende Weise: Die DNA ist ein langes fadenförmiges Molekül in Form einer gewundenen Leiter der Doppelhelix. Sie besteht aus zwei stabilen „Leiterholmen“ aus Phosphaten und Zuckern, die von einer langen Serie Leitersprossen verbunden werden. Jede Leitersprosse besteht aus vier verschiedenen Nukleinbasen, die in beliebiger Reihenfolge angeordnet sein können. Jeweils drei hintereinander liegenden Leitersprossen stellen den Code für eine bestimmte Aminosäure dar. Wie wir aus früheren Kapiteln wissen, setzen sich Proteine aus einer Serie von ca. 100 – 300 Aminosäuren zusammen.

Ein Abschnitt von Leitersprossen, die die Zusammensetzung eines vollständigen Proteins beschreiben, nennt man ein Gen. Proteine sind für die Form und Merkmale eines Lebewesens verantwortlich und erfüllen die Aufgaben, die beim Ablauf biologischer Prozesse im Organismus erforderlich sind.

Eine Abbildung und Übertragung, der in den Genen gespeicherten Information findet nun dadurch statt, dass die DNA abgelesen wird, indem eine Art Negativabdruck von einem Abschnitt gemacht wird, der in Form einer RNA Sequenz an die Maschinen der

Proteinsynthese, die Ribosomen weitergegeben wird. An diesen werden entsprechend der Nukleinsäuresequenz der RNA die Proteine synthetisiert.

Bei der Vorstellung eines genetischen Programms nimmt man nun an, dass ein solches Programm die Instruktionen aus der DNA wie ein Computerprogramm Schritt für Schritt sequentiell abarbeitet, wodurch letztendlich der Organismus mit seiner individuellen Form entsteht.

Die Möglichkeiten moderner superschneller Computer erlauben es, durch Vergleiche der gesamten DNA von unterschiedlichen Lebewesen, der gleichen Art, die sich in einem signifikanten Merkmal unterscheiden, das Gen oder die Gene zu identifizieren, die für den Unterschied verantwortlich sind. So hat man z.B. die DNA von amerikanischen Wüstenspringmäusen verglichen, bei denen die eine ein helles Fell wie der Sand ihres Lebensraumes hatte und die andere ein dunkles Fell, das an den dunklen Untergrund eines Lavafelds, auf dem sie lebte, angepasst war. Es gelang genau ein unterschiedliches Gen zu ermitteln, in dem eine veränderte Nukleinsäuresequenz auftrat, wodurch der Farbunterschied zustande kommt. Dies ist offensichtlich eine Bestätigung für die Funktionsweise von Darwins Mechanismus, die Darwin zu seiner Zeit annahm, aber die er noch nicht erklären konnte.

Aber diese Erklärung reicht nicht aus, um die Argumente eines Vitalisten zu entkräften. Der Vitalist würde nun behaupten, dass eine solche Erklärung völlig unzureichend ist, da die individuelle Form eines Individuums davon abhängt, zu welchem Zeitpunkt und wie lange eine Proteinsynthese aktiv ist.

Aber auch hier fanden die Mikrobiologen Teile in der DNA, die dies erklären konnten. So entdeckte man in einem kanadischen See Stichlinge, die von ihren Artgenossen im Meer lange Zeit isoliert waren. Die Stichlinge im Meer besitzen ein Paar stachelige Vorderflossen, die es ihren Feinden erschweren, ihre Beute zu verschlingen. Diese Flossen fehlen bei den Stichlingen im See. Man verglich nun die DNA beider Arten und stellte fest, dass diese bezüglich aller Gene, die Proteine codieren völlig identisch war. Deshalb suchte man in der Junk DNA, also der nicht kodierenden DNA, weiter und konnte hier in der Nähe der Gene, die die Stachelflossen kodieren, ein gewundenes Stück DNA entdecken, das als Schalter identifiziert werden konnte, der die Verarbeitung dieses Gens ein und ausschalten konnte. Dieser war offensichtlich bei der Art ohne Stacheln defekt bzw. durch zufällige Mutation verändert worden.

Damit war man einer Erklärung solcher Phänomene mittels der klassischen Lehre ein Stück näher gekommen. Aber man konnte damit nicht alles erklären. Wie sollten unterschiedlich



große Organe einer Art erklärt werden. Darwin hatte auf seiner Reise auf den Galapagos Inseln Finken entdeckt, bei denen die eine Art dicke Schnäbel besaß, und sich vorwiegend von Samen ernährte, für die ein dicker Schnabel beim Aufbrechen von Vorteil war. Eine andere Art hatte einen kürzeren, dünnen Schnabel, der seine Vorteile hatte, da sich diese Art vorwiegend von Pollen und Nektar aus Kaktusblüten ernährte. Wie aber kamen diese Unterschiede zustande?

Die Biologen lösten auch dieses Rätsel, indem sie die DNA beider Arten unter die Lupe nahmen. Sie entdeckten die gleichen für Proteine codierenden Gene und die gleichen Schalter. Erst nach weiterer Suche fanden sie ein Gen, in dem sich die Arten unterschieden und das sie als Steuergen identifizierten. Dieses Steuergen legt fest, wie lange die Proteinsynthese bei der Entwicklung des Schnabels aktiv ist, wodurch sich der Unterschied bei den beiden Arten erklären lässt.

Mit einer Reihe solcher Entdeckungen gelang es den Mikrobiologen und Neodarwinisten, die sich auf die Mikrobiologie berufen, zunächst die Forderung nach Zuführung von Information von außen als überflüssig erscheinen zu lassen.

Das Erklärungsmodell mittels eines genetischen Programms hat jedoch von philosophischem Standpunkt aus gesehen den Nachteil, dass man die Frage nach einem Programmierer stellen könnte. Den aber wollen die Wissenschaftler mit allen Mitteln von einer Diskussion ausschließen, da hier sofort einige Gruppen Vorschläge für den Urheber hätten. Die lapidare Antwort lautet, dass das genetische Programm keinen Programmierer hat. Wie aber ist es dann entstanden? Auch hier ist die Antwort einfach: Der evolutionäre Prozess hat es erschaffen. Aber hierdurch wird die Diskussion zur Evolution nur auf eine andere Ebene verlagert.

Kann die gesamte Information, die zur Konstruktion eines so komplexen Organismus wie des Menschen durch zufällige Variation von vier Nukleinbasen in den Sprossen der DNA entstanden sein, wenn schon die Komplexität einer einfachen Hefezelle der Komplexität einer Boeing 747 entspricht? Die gleiche Frage landet also nur auf einem neuen Niveau.

Aber so tauchen mit der Metapher des genetischen Programms neue Fragen auf. Der Gedanke das ein Programm einen in der DNA gespeicherten Bauplan unsetzt, um daraus die Form des Lebewesens zu generieren, passt nicht so richtig in die Reihe der Erkenntnisse, die man im Laufe der Zeit gewonnen hat. So hatte bereits Darwin festgestellt, als er das Wachstum von Embryos unter dem Mikroskop betrachtete, dass man anfangs gar nicht erkennen kann, ob sich ein Huhn, ein Kaninchen, ein Frosch oder ein Mensch entwickelt. Die Gestalt ist bei allen gleich und verändert sich erst mit der Zeit zu individuellen

Merkmale seiner spezifischen Art. Merkmale können sogar wieder verschwinden und in andere umgewandelt werden. So kann man bei der Entwicklung eines menschlichen Embryos eine Phase beobachten, in der dieses die Merkmale von Kiemen zeigt. Diese verschwinden aber wieder, und schließlich werden diese Kiemen in Gehörknochen umgewandelt. Offensichtlich ist die Entwicklung epigenetisch, so wie Driesch es behauptet, und nicht präinformativ, wie die Programmmetapher es erscheinen lässt. Das führt aber nicht automatisch zu der Forderung nach einer unbekanntem Kraft von außen.

Richard Dawkins hat versucht die Vorstellung von einem genetischen Programm durch die Vorstellung eines Rezeptes z.B. eines Backrezeptes zu ersetzen, was dann mehr Freiraum für eine Interpretation bietet. Ein Bauplan schreibt vor, welches Teil an welcher Position eingebaut werden muss, um das gewünschte Objekt zusammenzusetzen. Ein kleiner Legobaukasten für ein Flugzeug oder ein Rennauto besitzt einen großen Teil maßgeschneiderter Bauteile die genau an einer bestimmten Stelle eingebaut werden müssen. Ein Backrezept dagegen montiert den Kuchen nicht, indem es die Zutaten an einer bestimmten Stelle platziert, sondern der Kuchen entsteht, nachdem mittels der Rezeptur ein Teig geknetet wurde „epigenetisch“, indem er während des Backens aufgeht und dabei seine endgültige Form annimmt.

Das Backrezept weckt aber schon bald die Frage nach dem Bäcker, der seinen Beitrag bei der Schaffung des Kuchens leistet. Die Metapher eines genetischen Programms erfordert dagegen kein aktives Eingreifen einer Instanz von außen. Es muss sich aber die Frage nach dem Programmierer und den damit verbundenen Problemen gefallen lassen.

Nach den Lehrsätzen der Kybernetik kann ein Programm niemals intelligenter als sein Programmierer sein, egal wie viel künstliche Intelligenz bei der Programmierung hineingesteckt wird. Der evolutionäre Prozess besitzt aber nach Darwins Definition gar keine Intelligenz. Dies resultiert in der Frage, ob Information überhaupt ohne Intelligenz bzw. durch Darwins Mechanismus neu entstehen kann.

### *Information von außerhalb der DNA*

Man suchte deshalb nach anderen Informationsquellen, die Drieschs Forderung nach einer unbekanntem Kraft überflüssig machen. Diese müssten sich dann innerhalb des Organismus finden lassen.

Bei der Suche entdeckt man, dass auch Forschungsergebnisse in der Mikrobiologie, die Rolle der DNA bei der Entwicklung eines Organismus relativieren. Jedenfalls verliert die DNA

als Informationsquelle für die Entwicklung ihre Exklusivität. Es zeigt sich nämlich, dass die Gene nicht allein den aktuellen und späteren Zustand eines Individuums vollständig beschreiben, sondern dieser ist von weiteren nicht genetischen Kausalfaktoren abhängig.

Man kann feststellen, dass die Entwicklung des Organismus nicht mit einem Rezept oder Programm erklärt werden kann, bei dem alle Details durch die Gene festgeschrieben sind, sondern dass die Entwicklung in hohem Maß von der Umgebung des Gens sowohl innerhalb als auch außerhalb der DNA beeinflusst wird. Die Umgebung definiert die Bedeutung von Information, und diese ist nur aus dem Kontext verständlich. So kann z.B. die Aussage DER VERFOLGTE FLOH nur im Zusammenhang mit den umgebenden Texten verstanden werden. Andernfalls weiß man nicht, ob es sich um ein Insekt handelt, dem nachgestellt wird oder ob eine Person, die verfolgt wird, geflohen ist. Genau das gleiche läßt sich auch bei den Genen beobachten.

Wir wissen bereits, dass die DNA durch die RNA abgelesen wird, die ihrerseits in Proteine übersetzt wird. Ganz so einfach ist der Prozess aber nicht. Wie wir ebenfalls wissen, enthält die DNA große Anteil der so genannten Junk DNA, die keine Proteine kodiert. Nun wird aber diese Junk DNA innerhalb der Kette mit Protein codierender DNA mit abgelesen. Ein zusätzlicher Prozess, Spleißen genannt, schneidet die zur Proteinsynthese benötigten Teile heraus. Dabei machte man aber die aufregende Entdeckung, dass beim Spleißen unterschiedliche Ergebnisse entstehen können, die anschließend unterschiedliche Proteine produzieren. Damit können aus der Information eines einzelnen Gens verschiedene Proteine erzeugt werden. Alternatives Spleißen stellt dabei keine seltene Ausnahme dar. Schätzungen beim Menschen gehen von etwa 50% der Fälle aus.

Die entscheidende Erkenntnis aus diesem Vorgang ist jedoch, dass es zwischen einer DNA Sequenz und einer Proteinstruktur keine eindeutige Zuordnung gibt. Die Information, welches Protein durchalternatives Spleißen produziert werden soll, ist nicht vollständig in der DNA enthalten, sondern hängt von weiteren externen Faktoren und Strukturen ab.

Ein weiteres merkwürdiges Verhalten bei der Entwicklung eines Organismus ist die so genannte Umwidmung des genetischen Codes. Bei einer solchen Umwidmung wird einer DNA Sequenz, die normalerweise eine bestimmte Aminosäure für die Proteinsynthese identifiziert, eine andere Aminosäure oder ein genetischer Schalter zugeordnet. Dies tritt häufig bei kleinen Gruppen verwandter Individuen auf. Der genetische Code kann also unterschiedliche Bedeutung haben, abhängig davon in welcher Umgebung oder zu welchem Zeitpunkt er gelesen wird. Unterschiedliche Organismen können also unterschiedliche genetische Sprachen sprechen.

Ich erinnere mich an ein Fest mit deutschen, dänischen und schwedischen Freunden. Als der Däne sagte: „Der Kuchen ist blöd“ schauten sich alle fragend an, denn alle verstanden etwas anderes. Blöd bedeutet auf Dänisch weich, auf Schwedisch nass und auf Deutsch dumm. Die Information der Schallwellenstruktur des Wortes blöd war für alle die gleiche, die persönliche soziale Umgebung der Personen produzierte jedoch unterschiedliche Bedeutungen.

Aber woher kann denn die zusätzliche Information für eine individuelle Transformation der Information der Gene kommen?

Bei der Suche stieß man auf weitere Strukturen innerhalb eines Organismus, die als Träger von Information geeignet waren. In Frage kamen Variationen bei der Konzentration bestimmter löslicher Stoffe in den Zellen wie Säuren, Salze und andere lösliche Elemente. Eine weitere Alternative sind die unterschiedliche Verteilung von elektrischer Ladung und Spannung im Organismus, aber auch die Beschaffenheit der Oberflächen von Zellen, die die in der Oberflächenstruktur codierte Information durch direkte Berührung an die Nachbarzellen weitergeben können. Man fand noch weitere komplexere Möglichkeiten interner Strukturen, die die gesuchte Information enthalten könnten. So stellte man die Hypothese auf, dass man all diese Strukturen als eine Art „Positionsangaben“ auffassen könnte, die in ihrer Gesamtheit die Information zur Formgebung bei der Entwicklung eines Organismus enthielten. Die Zellen reagieren hierbei auf die Positionsangaben und setzen die hierin enthaltenen Information bei der Proteinsynthese um.

Ein Beispiel, wie so etwas funktioniert, ist die so genannte DNA Methylierung. Hierbei hängen sich Methylmoleküle, die bereits in der Umgebung der DNA in der Zelle vorhanden sind, an die Nukleinbase Cytosin innerhalb eines DNA Abschnitts an. Dies führt dazu, dass dieser Bereich für eine Proteinsynthese abgeschaltet wird. Besonders interessant ist, dass diese Veränderung bei der Zellteilung an die Tochterzellen weitergegeben wird.

Mit der Kenntnis, dass weitere Information zur Entwicklung eines Organismus aus zusätzlichen Positionsangaben stammt, kann man konstatieren, dass die DNA nicht allein das formgebende Prinzip darstellen kann, so wie es Aristoteles gefordert hatte oder wie es Driesch bereits außerhalb der DNA vermutete. Die Information der DNA ist in allen Zellen die gleiche, aber erst zusammen mit den Positionsangaben entsteht die entscheidende Gesamtinformation, was sich zu welchem Zeitpunkt an welcher Stelle des Organismus entwickeln soll.

Die Metapher eines genetischen Programms kann auf einfachem Niveau einige Sachverhalte sinnvoll verdeutlichen. Die große Gefahr besteht jedoch darin, dass wenn

jemand die Fachbegriffe aus dem Bereich der Informatik analog auf dem Gebiet der Biologie anwendet, er ein vollständig analoges System vom Schlüssen und Erklärungen produziert, die für jemanden der sich im Bereich der Informatik besser auskennt, verständlich und plausibel erscheinen.

Die biologischen Fakten besagen jedoch etwas anderes. Die DNA spielt eine wichtige Rolle bei der Entwicklung des Organismus, aber sie besitzt nicht die Exklusivität, die ihr häufig unterstellt wird, den gesamten Entwicklungsprozess allein zu steuern und zu lenken.

Bleibt die Frage, welche Wege die Information zur Entwicklung eines Organismus nimmt. Die DNA stellt einen der Hauptwege dar indem, sie die genetische Information der Eltern durch Vererbung an die Nachkommen weitergibt. Positionsinformation, von außerhalb der DNA kann ebenfalls von den Eltern weitergegeben werden, wie die Weitergabe von Methylatomen, die sich an Erbinformation anlagern, bei der Zellteilung zeigte. Positionsangaben finden sich aber auch bereits außerhalb der DNA in der unbefruchteten Eizelle in Form von mütterlichen Proteinen und RNA Strukturen. Damit ist bereits die Orientierung des Embryos in der Eizelle festgelegt, bevor dieses überhaupt die andere Hälfte der Erbinformation bei der Befruchtung empfangen hat. Natürlich werden auch diese Positionsangaben der Eizelle bei der späteren Zellteilung weitergereicht.

Aber Positionsinformation kann auch von außerhalb einer Zelle kommen, und die Proteinsynthese beeinflussen. Jedem sind Substanzen bekannt, die als Wachstumshormone bezeichnet werden. Solche Substanzen setzt man z.B. Tiernahrung zu, damit die Tiere schneller oder größer wachsen. Andererseits kennt man auch Substanzen, die von außen zugeführt werden können, die offensichtlich das Wachstum von Organen abschalten oder beeinträchtigen. Das Medikament Contergan ist hierfür wieder ein erschreckendes Beispiel.

Zusammenfassend kann man feststellen, dass die Entwicklung eines Organismus von unterschiedlichen genetischen und nicht genetischen Informationsquellen abhängt, die miteinander vernetzt sind. Der Entwicklungsprozess des Organismus wird von sich ständig verändernden Faktoren beeinflusst, die festlegen welche genetische Information zu welchem Zeitpunkt und wie lange zur Proteinsynthese und damit zur Formgebung verwendet wird.

So gesehen sollte man sich vielleicht wieder von der analytisch atomisierenden Betrachtungsweise, die uns in die Bereiche der Molekularbiologie geführt hat, entfernen und aus angemessenem Abstand eine mehr holistische Betrachtungsweise annehmen. Hierzu ist es erforderlich den sich entwickelnden Organismus in seiner gesamten Umgebung zu betrachten, wobei sich beides Umgebung und Organismus gleichzeitig weiterentwickeln. Wie weit man den Radius der Umgebung ziehen kann ist eine offene Frage. Im Extremfall

könnte selbst die Stellung der Planeten indirekt Einfluss auf die Positionsangaben nehmen. In den 30er Jahren des vorigen Jahrhunderts war es äusserst wichtig, dass so genannte Radiowetter für die Kurzwellenkommunikation vorherzusagen. Sonnenstürme und Eruptionen störten die Reflektionsfähigkeit der Heavyside Schicht, an der die Kurzwellen reflektiert werden und auf diese Weise die Krümmung der Erde überwinden. Dem Techniker John C. Nelson bei der Firma RCA gelang es, durch Einbeziehung der Planetenkonstellationen die Vorhersage des Radiowetters erheblich zu verbessern. Selbst heute werden seine Methoden noch benutzt, obwohl Kurzwellenkommunikation ihre Bedeutung verloren hat, um die Gefährdung von Astronauten bei Außenreparaturen zu minimieren. Es könnte theoretisch durchaus ein Zusammenhang zwischen der Sonnenaktivität und chemischen Prozessen in unserem Körper existieren, die die Positionsangaben beeinflussen, womit die Kette geschlossen wäre.

Was in diesem Kapitel noch aussteht, ist die Antwort auf die Frage, wie sich eine ständige verändernde Reihenfolge von Positionsangaben bilden kann, die die Entwicklung eines Organismus zu dem Ziel steuern kann, das wir in der Realität beobachten können.

Den Vorschlag, dass ein genetisches Programm dahinter steht, haben wir bereits als weniger geeignet erkannt. Die Antwort, der darwinistischen Evolutionstheorie ist einfach. Die Evolution selbst hat mittels zufälliger Variation und natürlicher Selektion über Millionen Jahre hinweg die Entwicklungsprozesse selbst geschaffen. Die Vitalisten können immer noch hierfür ein unbekanntes mit den Gesetzen der Physik und Chemie unerklärbares organisierendes Prinzip fordern, und die Antwort der religiösen Fundamentalisten kennen wir auch.

Aber sehen wir uns anschließend einige Erklärungsversuche an, die sich im Rahmen der Naturwissenschaften halten wollen.

### *Rupert Sheldrake und das morphogenetische Feld*

Der Biologe und Autor Rupert Sheldrake hat eine Hypothese aufgestellt, wie Information von außerhalb des Organismus zur Formbildung beitragen kann, ohne dass dazu unbekannte Kräfte bemüht werden müssen, die außerhalb der Naturgesetze angesiedelt sind. Er nennt sie die Theorie des morphogenetischen Feldes.

Sheldrake vertritt die Vorstellung, dass Information zur Formbildung eines Organismus, aber auch zum Aufbau tierischer Instinkte, von außen mittels eines Feldes, das mit einem elektrischen oder magnetischen Feld oder dem Gravitationsfeld der Erde vergleichbar ist,

am Aufbau eines Organismus beteiligt ist. So wie man die Organisation von Eisenfeilspänen in einem Magnetfeld beobachten kann, die sich an den Feldlinien ausrichten, so ist auch die Organisation innerhalb eines Organismus ein Ergebnis der Wirkung eines externen Feldes. Genauso wie einem, der von der Anwesenheit eines magnetischen Feldes keine Kenntnis hat oder es nicht versteht, weil das Feld keine physische Masse hat, kommt auch derjenige, der das morphogenetische Feld nicht kennt oder akzeptieren will, zu Erklärungen wie Zufall, unbekannte magische Kräfte, intelligenter Eingriff von außen und Ähnlichem.

Das morphogenetische Feld ist ebenso unsichtbar wie ein Gravitationsfeld, und man hat die gleichen Probleme, dessen genaue Funktionsweise zu beschreiben, die man auch beim Gravitationsfeld hat. Da die physikalische Funktionsweise nicht im Detail beschrieben werden kann, konzentriert sich Sheldrake darauf, die Wirkung des morphogenetisches Feldes auf die Umwelt zu beschreiben.

Es ist eine Eigenschaft von Feldern, Dinge im Raum, die nicht miteinander verbunden sind, wie der Magnet und die Eisenfeilspäne, miteinander zu verbinden.

Sheldrake stellt nun die Hypothese auf, dass das morphogenetische Feld Dinge zusätzlich sogar über die Zeit verbindet. Auf diese Weise soll es möglich sein, dass Mitglieder der gleichen Art, von früheren Mitgliedern lernen können, ohne mit diesen direkt Kontakt aufnehmen zu müssen. Das morphogenetische Feld formt auf diese Weise den wachsenden Organismus, indem es die Form von früheren Mitgliedern der gleichen Art ableitet. Der Organismus stimmt sich mit der Information des Feldes ab.

Diesen Prozess nennt Sheldrake morphogenetische Resonanz. Aber nicht nur die physische Form des Organismus wird auf diese Weise organisiert, sondern auch die Organisation und der Aufbau des Nervensystems. Hiermit könnte die Vererbung von Instinkten und Verhaltensmustern erklärt werden. Auf diese Weise wird das morphogenetische Feld zu einem gemeinsamen Gedächtnispool einer Art. Die gesamte Hypothese bezeichnet Sheldrake als formgebende Verursachung.

Mit dieser Hypothese als Voraussetzung hat Sheldrake jetzt die Möglichkeit, eine Reihe von Naturphänomenen zu erklären, bei denen sich die klassische Wissenschaft schwer tut. Ein Beispiel hierfür ist Mimikry, also tarnen und täuschen. Es ist eine Vielzahl von Beispielen aus der Natur bekannt, bei denen eine Art die Form einer anderen Art täuschend ähnlich nachahmt, sei es um Feinde abzuschrecken oder Insekten anzulocken, die die Blüten befruchten sollen. Darwins Mechanismus ist hier zwar eine mögliche Erklärung, die aber auf schwachen Füßen steht. Auch das Argument der kumulativen Selektion greift hier wenig, da

der Wert von Zwischenformen zweifelhaft ist. Eine Blüte, die das Weibchen eines Käfers zu 15% simuliert wird wenig Erfolg haben.

Sheldrake findet nun Erklärungen wie, dass sich eine Art in das morphogenetische Feld einer anderen Art eintunen kann und es ihr so gelingt, die Form aufzubauen. Die Hypothese schließt unter anderem auch ein, dass durch ein Individuum erworbene Eigenschaften an spätere Individuen der Art weitervererbt werden können. Die Vererbung erworbener Eigenschaften war eines der Kernelemente des Lamarckismus und wird als widerlegt angesehen.

Eigentlich bietet eine solche Hypothese reichlich Stoff für Beobachtungen der Natur und für Experimente. Leider aber wird sie von den meisten Wissenschaftlern ignoriert oder nicht ernst genommen.

Sheldrake selbst gibt jedoch eine Reihe von Indizien an, die die Existenz seines morphogenetischen Feldes bestätigen sollen.

Am erstaunlichsten ist Sheldrakes Schilderung von Experimenten, die in den 20er Jahren des vorigen Jahrhunderts durchgeführt wurden, die sowohl Sheldrakes, Lamarcks oder Drieschs Hypothesen in einem anderen Licht erscheinen lassen. Originalergebnisse dieser lange zurückliegenden Experimente können mittlerweile im Internet gefunden werden, und ich möchte an dieser Stelle die unerwarteten Resultate genauer aufzeigen, damit man selbst beurteilen kann, in wie weit sie einige unbewiesene Hypothesen bestätigen oder unterstützen.

In den 20er Jahren des vorigen Jahrhunderts führte der Psychologe William McDougall an der Universität Harvard Versuche mit Ratten durch. Er setzte sie einzeln in einen großen Behälter, der auf dem Boden mit Wasser gefüllt war. Die Ratten konnten schwimmend zwei Stege erreichen, die sie hinaufklettern konnten, um den Behälter zu verlassen. Der eine Steg war mit Lampen beleuchtet, der andere nicht. Am Ende des beleuchteten Steges saß jedoch ein Kontakt, der den Ratten einen Stromstoß versetzte. Das Ziel seiner Versuchsreihe war es zu beweisen, dass die Ratten erlernte Fähigkeiten ihrer Eltern erben konnten.

McDougall registrierte nun die Anzahl Versuche, die eine Ratte benötigte, bis sie gelernt hatte, nicht den beleuchteten Weg zu nehmen. Am Anfang der Versuchsreihe brauchten die Ratten im Schnitt etwa 160 Versuche, bis sie den beleuchteten Weg vermieden. McDougall wiederholte diese Versuche nun über Generationen von Ratten, und es zeigte sich, dass die Ratten von Generation zu Generation schneller lernten, d.h. weniger



Versuche brauchten. Nach etwa 30 Generationen, brauchten die Ratten im Durchschnitt nur noch 20 Fehlversuche.

Diese Ergebnisse erschienen so phantastisch, dass sie schnell von Kritikern in Frage gestellt wurden. Man äußerten den Verdacht, dass McDougall unbewusst intelligentere Ratten gezüchtet hätte, indem er die erfolgreicherer Ratten zur Nachzucht wählte. Um diesen Verdacht auszuschließen, startete er eine neue Versuchsreihe, bei der er nun ganz gezielt die dümmsten Ratten, also die mit den meisten Fehlversuchen, zur Nachzucht auswählte. Nach 22 Generationen lernten die Ratten zehn mal schneller als die der ersten Generation. Nach Darwins Mechanismus hätte eigentlich der Zuchteffekt dazu führen müssen, dass die Ratten von Generation zu Generation langsamer lernten, was jedoch nicht der Fall war.

Das Resultat war so verblüffend, dass sich weitere Wissenschaftler veranlasst sahen, diese Versuche zu wiederholen und weiterzuführen.

In Edinburgh und in Melbourne nahmen Dr. Crew und Professor Agar die Versuche wieder auf. Sie bauten Behälter nach Plänen McDougalls und verwendeten Ratten der gleichen Art und Zuchtrasse. Aus unerklärlichen Gründen brauchten die Ratten gleich von Anfang an wesentlich weniger Versuche als die Ratten in McDougalls Versuchen. Die Versuche konnten ansonsten McDougalls Resultat bestätigen.

Professor Agar baute jedoch ein weiteres Moment in die Versuche ein. Er schuf eine Kontrollgruppe von Ratten, die nicht trainiert wurden, um die Fortschritte beider Gruppen von Ratten vergleichen zu können. Jede Ratte aus der Kontrollgruppe die dabei den Parcours durchlaufen hatte, wurde aus der Kontrollgruppe herausgenommen, damit sich kein Trainingseffekt in ihr vererben konnte. Der Versuch mit der Kontrollgruppe lieferte jedoch ein völlig unerwartetes Ergebnis. Auch diese Ratten lernten von Generation zu Generation schneller, genauso wie die Ratten, die in Generationen gelernt hatten, wie man sich ohne Elektroschocks durch den Parcours bewegt.

Damit war McDougalls Hypothese, dass sich erlernte Eigenschaften genetisch vererben, nicht mehr haltbar und wurde offiziell zurückgewiesen. Offensichtlich waren ja die untrainierten Ratten keine direkten Nachkommen der trainierten Ratten. Man konnte keinerlei Erklärung mit Hilfe der offiziellen Lehre hierfür finden. Nach 25 Jahren Forschung stellte Professor Agar weitere Versuche ein und das Experiment, obwohl nach wissenschaftlichen Regeln durchgeführt und bestätigt, geriet in Vergessenheit.

Die Ergebnisse dieses Experimentes weisen allerdings darauf hin, dass auf irgend eine unbekannt nicht genetische Art und Weise Information von einem Individuum auf ein

anderes überführt werden kann, ohne dass die Individuen dabei direkten Kontakt gehabt hätten, ja ohne dass sie gleichzeitig gelebt hätten.

Genauso wie Sheldrake hier ein Indiz dafür sieht, dass ein morphogenetisches Feld, so wie er es beschrieben hat, für dieses merkwürdige Ergebnis verantwortlich ist, so kann es aber auch für jede andere Hypothese, die eine solche Art von Informationstransfer postuliert, als Indiz herangezogen werden. So wird diese Versuchsreihe z.B. auch von Befürwortern einer Seelenwanderung als „Beweis“ angeführt.

Aber egal welches Erklärungsmodell wir für das beobachtete Phänomen verwenden, die Versuchsergebnisse deuten darauf hin, dass ein Informationsfluss zwischen Individuen einer Art existiert, die nicht direkt miteinander verwandt sind. Information über das erlernte Verhalten eines Individuums beeinflusst die Entwicklung anderer Individuen in nachfolgenden Generationen, ohne dass genetische Vererbung daran beteiligt ist.

### *Chaos und Selbstorganisation*

Isaak Newtons Mechanik faszinierte dadurch, dass sie eine Gesetzmäßigkeit und Berechenbarkeit der Natur einführte, die sich nicht auf unbekannte Kräfte verließ. Selbst das Universum schien in geordneten Bahnen präzise wie ein Uhrwerk abzulaufen. Huygens Erfindung des Mikroskops weckte eine Faszination für den mikroskopischen Bereich, die sich über die Jahrhunderte fortsetzte und auf den molekularen und atomaren Bereich erweitert wurde. Hier fand man das deterministische Prinzip bestätigt.

Aber der makroskopische Bereich hielt noch einige Überraschungen bereit, die aber erst in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts auf breiteres Interesse der Öffentlichkeit stießen. Es gab nämlich auch Systeme, die sich der Vorhersage ihres Verhaltens durch Berechnung entzogen. So konnte man das berühmte Dreikörperproblem, das die Bahnen dreier Körper die sich gegenseitig anziehen, z.B. Planeten oder Monde, immer noch nicht analytisch lösen, sondern nur im Computer simulieren. Die dadurch getroffenen Vorhersagen ließen sich aber häufig in der Wirklichkeit nicht experimentell und wiederholbar bestätigen. Das gilt besonders für das Wetter, dass trotz ausgeklügelter Algorithmen, die in Supercomputern gefahren werden, entgegen der Vorhersagen oft ein anderes Verhalten zeigt. Selbst bei zwei einfach mit einem Faden miteinander gekoppelten

Pendeln ist man kaum in der Lage den Bewegungsablauf mittels Berechnungen vorherzusagen.

Die Ursache hierfür ist, dass bereits geringfügige Abweichungen der Eingangsparameter enorme Effekte auf das Resultat einer Berechnung haben. So könnte ein Schmetterling, der in einigem Abstand an dem Pendel vorbeifliegt, durch einen minimalen von ihm verursachten Luftwirbel das Verhalten des Pendels völlig verändern.

Nun könnte man annehmen, dass das ganze nur ein Problem der Messgenauigkeit ist. Dem Laplaceschen Dämon, der die genauen Werte kennt, sollte die Berechnung trotzdem gelingen. Dies ist aber auch nicht der Fall. Die Heisenbergsche Unschärferelation setzt der Messgenauigkeit ihre Grenzen, da sie aussagt, dass zu einem Zeitpunkt entweder nur der Ort oder der Bewegungsimpuls eines elementaren Teilchens erfasst werden kann. Diese Abweichung im atomaren Bereich vervielfältigt sich in realen Systemen exponentiell, sodass sie schnell Auswirkungen auf den makroskopischen Bereich hat. Ein solches unkalkulierbares Verhalten nennt man chaotisch. Ein Systemverhalten, in dem zwar alles theoretisch berechenbar ist, sich aber aufgrund chaotischer Effekte einer genauen Vorhersage durch Berechnung entzieht, nennt man ein deterministisches Chaos.

Der Laplacesche Dämon hat auf diese Weise keine Chance, die Reihenfolge der Lottozahlen vorherzusagen, selbst wenn er die Ziehungsintervalle der sechs Zahlen auf die Nanosekunde genau bestimmen darf. Bereits nach zwanzig Kollisionen der Kugeln hat sich ein unberechenbares chaotisches Verhalten eingestellt.

Stellen wir uns nun statt der Kugeln die Moleküle eines Gases oder einer Flüssigkeit vor. Auch diese können angestoßen und wild herumgewirbelt werden, z.B. indem man sie in einem Gefäß von unten her aufheizt. Die Wärme führt den Molekülen Bewegungsenergie zu, die sie mit anderen Molekülen zusammenstoßen lässt. Die Bewegungsenergie bzw. die Wärme verteilt sich auf diese Weise gleichmäßig weiter, indem sie an die Nachbarmoleküle weitergegeben wird.

Aber dann kann etwas Unerwartetes geschehen. Die warmen Moleküle können sich plötzlich zu sechseckigen Konvektionszellen formieren, die Moleküle mit der gleichen Temperatur enthalten. Wer schon einmal Basaltblöcke gesehen hat, hat hier einen deutlichen Beweis, da die sechseckigen Konvektionszellen der heißen flüssigen Lava anschließend erstarrten und heute als sechskantige Basaltsäulen zu finden sind. Irgendwie ist mitten im Chaos von selbst eine unerwartete Ordnung entstanden.

Dieses Phänomen bezeichnet man als Selbstorganisation. Selbstorganisation steht für das spontane Entstehen neuer stabiler Strukturen mit erkennbarer Ordnung aus vorher

chaotischen bzw. ungeordneten Strukturen. Sie findet in Systemen statt, die weit vom thermodynamischen Gleichgewicht entfernt sind und die im Austausch mit ihrer Umwelt stehen, was man als offene Systeme bezeichnet. Offensichtlich wäre Millers homogene Ursuppe, die sich im thermodynamischen Gleichgewicht befindet, denkbar ungeeignet, solche selbstorganisierenden Phänomene hervorzurufen, sodass man Selbstorganisation für dieses Experiment als Ursache für die Entstehung des Lebens ausschließen kann.

Apropos thermodynamisches Gleichgewicht – Wer ein wenig Physikunterricht gehabt hat, erinnert sich vielleicht noch an den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik. Dieser besagt, dass die Entropie stets positiv ist, oder mit anderen Worten ausgedrückt, dass alle Systeme bestrebt sind, einen Ausgleich der Wärmeenergie zu produzieren, was in Richtung größerer Unordnung strebt. Eine Zustandsänderung, die eine im Gesamtsystem höhere Ordnung schafft, ist deshalb nicht möglich.

Wie aber kann dann hier eine höhere Ordnung entstehen? Die Antwort hierauf ist, dass es sich im hier diskutierten Fall um offene Systeme handelt. Das in einem Gefäß erhitzte Wasser nimmt eine höhere Ordnung an, während sich die Gesamtbilanz des Systems Gefäß – Wasser – Umwelt verschlechtert. Wir werden im nächsten Kapitel noch detailliert auf dieses Problem eingehen.

Man hat also in der Selbstorganisation ein weiteres organisierendes Prinzip gefunden, das sich auf dem Boden der Naturgesetze bewegt. Der Nobelpreisträger Ilja Prigogine hat sogar die theoretischen Regeln für eine mathematische Berechnung entdeckt. Man sieht nun aber dieses Prinzip nicht als etwas an, das von außen auf die Materie einwirkt, so wie Driesch oder Sheldrake sich das vorstellen, sondern man betrachtet es als eine Eigenschaft, die die Materie selbst besitzt.

Man kann nun eine ganze Reihe solcher Eigenschaften finden, die der Materie selbst zugerechnet werden. Nehmen wir beispielsweise eine so einfache Materie wie Wasser. Ein Reduktionist würde sagen: Wasser ist nichts anderes als eine Verbindung aus zwei Atomen Wasserstoff und einem Atom Sauerstoff. Aber Wasser ist viel mehr aufgrund seiner ihm innewohnenden Eigenschaften. Wasser geht unter normalen Bedingungen bei einer sinkenden Temperatur bei 100 Grad vom gasförmigen Zustand in einen flüssigen Zustand über, bei dem die Moleküle eine höhere Ordnung annehmen. Bei null Grad nimmt es einen festen Zustand an. Seine größte Dichte hat es bei +4 Grad. Wenn das nicht der Fall wäre würde festes Wasser, also Eis, nicht oben schwimmen, sondern auf den Grund sinken. Die Folgen für das Leben im Wasser wären verheerend. Wasser löst über 70 verschiedene Stoffe und macht selbst vor Edelmetallen wie Gold und Platin nicht halt. Es bildet eine

Oberflächenspannung aus, die es manchen Insekten erlaubt auf seiner Oberfläche zu laufen ohne einzusinken. Beide Eigenschaften können den Gefrier- und Siedepunkt verschieben, sodass die Zellen von Pflanzen, die zeitweise unterhalb des Gefrierpunkts leben müssen, nicht zerstört werden. Beim Übergang in den festen Zustand bildet Wasser kompliziert geformte weitgehend symmetrische Kristalle der unterschiedlichsten Formen aus, wie wir sie von Schneeflocken kennen.

Selbstorganisation kann die merkwürdigsten und verblüffendsten Formen annehmen. Ein Beispiel hierfür ist die Proteinfaltung. Wie wir bereits früher gesehen haben, werden unter Zuhilfenahme der Information aus der RNA von den Ribosomen Aminosäureketten gebildet, die die wiederum Proteine bilden. Die eigentliche Funktion des Proteins ist aber nicht nur von der korrekten Reihenfolge der Aminosäuren abhängig, sondern auch von seiner dreidimensionalen Struktur, die ihm Eigenschaften und Form verleiht. Diese Struktur entsteht durch Faltung der Aminosäurekette in einer ganz bestimmten Reihenfolge. Die Faltung findet, angestoßen von minimalen Bewegungen der Moleküle in einer Zelle sowie durch Kräfte geringer elektrischer Felder, blitzschnell durch Selbstorganisation statt. Dabei findet das Protein selbsttätig eine definierte optimale Struktur aus einer enormen Menge von Alternativen, wie gefaltet werden könnte.

Wie die Proteinfaltung durch Selbstorganisation genau funktioniert und wie sie die optimale Struktur findet, ist noch nicht in allen Einzelheiten geklärt. Man versucht dem Rätsel durch Computersimulationen auf die Spur zu kommen. Die große Anzahl an Alternativen die hierbei getestet und geprüft werden müssen und die sprunghaft ansteigen, je länger das zu faltende Protein ist, stellen jedoch so hohe Ansprüche an die Kapazität der Computer, dass man die Internetgemeinde genauso wie bei der Erforschung von außerirdischer Intelligenz um Hilfe bittet, ihre unbenutzte Computerkapazität für die Simulation zur Verfügung zu stellen. Die Universitäten von Stanford, Karlsruhe und Washington haben zurzeit solche Projekte in Arbeit.

Offensichtlich ist es den Programmieren nicht gelungen, die kumulative Selektion wie bei Dawkins Weasel Algorithmus für die Proteinsynthese, die ja auf irgend eine Weise auch das Produkt der Evolution ist, hierfür nutzbar zu machen, Offensichtlich ist man hier mit genau den Problemen konfrontiert, die man bei Unkenntnis des gewünschten Ergebnisses bei der Entwicklung einer Fitnessfunktion hat, wie in einem früheren Kapitel erklärt wurde. Dies führt dann automatisch dazu, dass man in „astronomische“ Dimensionen abgeleitet, was die Anzahl der zu bewertenden Alternativen angeht.

Die Universität Washington geht jedoch etwas andere Wege, um das Problem zu lösen. Statt die Proteinfaltung allein den Computern zu überlassen, erhofft man sich bessere und schnellere Resultate, wenn man sich die Intuition und Intelligenz des Menschen zu nutze macht. Hierzu haben Informatiker und Biochemiker das Computerspiel „Foldit“ entwickelt. Ziel des Spiels ist es, ein Protein so geschickt zu falten, dass es ein möglichst niedriges Energieniveau erreicht. Dem Spieler wird die aktuelle Struktur des Proteins graphisch angezeigt. Anschließend kann er durch seine Eingaben die Faltung verändern. Außer dem Verständnis zur Bedienung des Spiels werden keinerlei weitere Fachkenntnisse verlangt.

Der Computer berechnet für jede Veränderung automatisch den aktuellen Wert. In einem zentralen System wird eine High Score Liste mit den zugehörigen Lösungen geführt, die automatisch in Realzeit auf den neuesten Stand gebracht wird.

Nun drängt sich allerdings sofort die Frage auf, ob menschliche Intuition, Intelligenz und die Möglichkeit eines freien Willens, sich für jede Alternative entscheiden zu dürfen, gleichwertige oder sogar bessere Ergebnisse als ein Computer liefern kann? Der Computer ist dem Menschen andererseits durch seine enorme Rechnerkapazität, die in kürzester Zeit Millionen von Alternativen testen kann, auf diesem Gebiet haushoch überlegen.

Die Antwort hierauf kann sich sehen lassen. Seit 1994 führt die University of California einen Wettbewerb bzw. ein Experiment unter der Bezeichnung CASP durch. CASP steht für Critical Assessment of Techniques for Protein Structure Prediction. Hier messen sich unterschiedliche Forschungsteams an der Qualität ihrer Methoden zur Vorhersage der Proteinfaltung. Im Jahre 2008 nahm auch die Universität Washington mit ihrem Spielprogramm Foldit daran teil. Bei ca. 80 Mitstreitern gelang es, einmal den ersten Platz einzunehmen und bei der Hälfte der Versuche auf den Plätzen zwei bis drei zu landen. Das interessanteste Ergebnis ist jedoch, dass in allen Versuchen sämtliche Konkurrenten, die sich auf reine Computersimulation verließen, übertroffen wurden.

Offensichtlich sind Intuition und Intelligenz in der Lage mit wesentlich geringerem Aufwand Ergebnisse zu erzielen, die rein mechanistischen Verfahren, die auf evolutionäre Algorithmen aufbauen, einen Schritt voraus sind.

Wir wollen uns deshalb in den folgenden Kapiteln mit dem Einfluss von Geist und Intelligenz bei der Entwicklung eines Organismus beschäftigen. Die durch das deterministische und mechanistische Weltbild ausgelöste Spaltung der Naturwissenschaft und Geisteswissenschaft legt solchen Betrachtungen zwar eine Menge Steine in den Weg, aber in einigen Berührungszonen ist es der Naturwissenschaft nicht gelungen, sich dieser Diskussion unter dem Verweis auf „Unwissenschaftlichkeit“ zu entziehen.

Der entscheidende Anstoß kann sogar aus den Reihen der Naturwissenschaftler selbst.

### *Maxwells Dämon und der Einfluss der Intelligenz*

Der Physiker James Clerk Maxwell versetzte Ende des 19ten Jahrhunderts die naturwissenschaftliche Gemeinde mit der Diskussion eines ungewöhnlichen Gedankenexperimentes in Aufruhr. Hierin stellte er einen der Grundpfeiler der Physik, den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik theoretisch in Frage.

Eine leicht verständliche Formulierung dieses Lehrsatzes lautet: Es gibt keine Zustandsänderung, deren einziges Ergebnis die Übertragung von Wärme von einem Körper niedrigerer auf einen Körper höherer Temperatur ist.

Also noch einfacher ausgedrückt: Wärmeenergie kann niemals ohne Energieaufwand von einem kälteren auf wärmeres Objekt fließen. Nur der umgekehrte Weg ist möglich, so wie wir es auch jederzeit in der realen Welt beobachten können.

Das Gedankenexperiment sieht folgendermaßen aus:

Maxwell stellte sich einen geschlossenen Behälter, sagen wir aus Glas, vor. Der Behälter enthält Luft der gleichen Temperatur und hat in seiner Mitte eine Trennwand. In der Mitte der Trennwand sitzt eine kleine Klappe, mit der man die Verbindung zwischen beiden Kammern öffnen kann. Maxwell stellte sich nun ein Wesen vor, das die Luftmoleküle in diesem Glaskasten wie die Kugeln in der Lottotrommel sehen kann. Seine Kollegen nannten dieses Wesen später in Anlehnung an den Laplaceschen Dämon nach seinem Erfinder „Maxwells Dämon“.

Der Dämon beobachtet nun die Moleküle in den Kammern. Immer wenn ein Molekül mit einer größeren Geschwindigkeit sich in der einen, sagen wir der linken Kammer der Klappe nähert, öffnet der Dämon kurz die Klappe und lässt es in die rechte Kammer überströmen. Danach wird die Klappe für die anderen Moleküle wieder geschlossen. Das gleiche führt er auch für die langsameren Moleküle durch, die er jedoch nur von der rechten Kammer in die linke überströmen lässt. Dadurch sammeln sich mit der Zeit die langsamen Moleküle in der linken Kammer und die schnellen in der rechten.

Schnellere Moleküle bedeutet in der Wirklichkeit eine höhere Wärme. Die linke Kammer kühlt sich also bei diesem Experiment ab, während die rechte Kammer sich aufwärmt. Wenn man sich nun vorstellt, dass für das Öffnen und Schließen der Klappe Idealfall keine oder nur geringe Energie benötigt wird, so könnte man nun mit der Energiedifferenz der beiden Kammern eine Wärmekraftmaschine, z.B. einen Stirlingmotor betreiben. Maxwell hätte so

ein Perpetuum Mobile der zweiten Art erfunden. Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik postuliert jedoch die Unmöglichkeit einer solchen Maschine.

Maxwell ging sogar noch einen Schritt weiter und konstatierte, dass wenn die Versuchsanordnung nur ausreichen klein wäre und die Anzahl der Moleküle stark begrenzt, ein Loch ohne Klappe ausreichen würde, damit sich, rein statistisch gesehen und ohne das Zutun des Dämons, Temperaturunterschiede zwischen den beiden Kammern einstellen müssten.

Das Dilemma, das er den Naturwissenschaftlern hiermit bereitet hatte war Folgendes: Einer der zentralen Begriffe der Physik und speziell der Thermodynamik ist Entropie. Entropie ist ein Maß für den Ordnungsgrad innerhalb eines Systems. Sie lässt sich nicht so direkt messen wie andere physikalische Größen wie Temperatur, Druck oder Ladung aber ihre Veränderung lässt sich messen, wenn ein System seine Energiebilanz verändert, indem es Energien von einer Form in eine andere umwandelt oder indem es Arbeit verrichtet. Wichtig hierbei ist, dass diese Veränderung der Entropie im besten Falle gleich Null ist, wenn die physikalische Veränderung des Systems reversibel, also unkehrbar ist. Normalerweise treten jedoch bei nahezu allen Prozessen Reibungsverluste auf, sodass die Entropie normalerweise immer positiv ist. Positiv bedeutet in diesem Zusammenhang, dass der Ordnungsgrad abnimmt oder besser gesagt die Unordnung zunimmt. Entropie wird deshalb in populärwissenschaftlichen Büchern auch gern direkt mit Unordnung assoziiert.

Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik kann nun auch so formuliert werden, dass die Entropie generell positiv ist. Damit strebt das gesamte Universum als System gesehen unaufhaltsam einem ungeordneten Zustand zu, der auch als thermisches Gleichgewicht bezeichnet wird.

Nun ist es aber auf den ersten Blick Maxwells Dämon zu verdanken, dass sich offensichtlich dieser Prozess doch umkehren lässt und zwar mittels einer geistigen Leistung des Dämons. Dieser erhöht die Ordnung, indem er die Luftmoleküle in der Versuchsanordnung sortiert. Wäre es da nicht möglich eine technische Konstruktion zu schaffen die die Entropie in die umgekehrte Richtung zwingt?

Erst Leo Szilard, der eigentlich eher wegen seiner maßgeblichen Beteiligung am Bau der amerikanischen Atombombe bekannt wurde, konnte das Rätsel lösen. Szilard vereinfachte die Versuchsanordnung aus Maxwells Gedankenexperiment so weit, dass das gesamte System nur noch ein einziges Molekül enthält. Die intellektuelle Leistung des Dämons besteht dann nur noch darin die binäre Information zu gewinnen und im Gedächtnis zu speichern, ob sich das Molekül in der linken Hälfte der Anordnung befindet oder nicht, also ja



oder nein, 1 oder 0. Damit ließ sich nun die gesamte Interaktion des Dämons auf eine einzige Messung bzw. Beobachtung reduzieren.

Wenn der zweite Hauptsatz der Thermodynamik, wie durch Beobachtungen experimentell bestätigt, seine Gültigkeit behalten soll, so folgerte Szilard, so musste die Entropieverringerung durch Erhöhung der Ordnung durch Entropieerhöhung des Gesamtsystem „Versuchsanordnung plus Dämon“ wieder ausgeglichen werden. Szilard gelang es den Betrag dieser Entropieveränderung den er mit  $S$  bezeichnete physikalisch als  $S = k \cdot \ln 2$  zu berechnen wobei  $k$  die physikalische Boltzmannkonstante ist. Damit war grundsätzlich eine Brücke zwischen Information und Energie geschlagen. Genauso wie Einstein den Zusammenhang zwischen Materie und Energie durch seine berühmte Formel  $E = mc^2$  beschreiben konnte, so war es nun möglich den Zusammenhang zwischen Information und Energie zu beschreiben durch die Formel

$$E = nkT \ln 2$$

Hierbei ist  $n$  die Anzahl von Bits die die Information ausmachen,  $k$  die Boltzmannkonstante,  $T$  die Temperatur und  $E$  die Mindestenergie die benötigt wird um diese Information zu verarbeiten.

Information hat damit endgültig als berechenbare Größe Einzug in die mechanistische physikalisch-chemische Welt der Naturwissenschaften gehalten und kann nicht mehr als geisteswissenschaftlicher Begriff oder als populärwissenschaftlicher Begriff ohne messbare Dimension von der Diskussion bei der Entwicklung der Welt und der lebenden Organismen ausgeschlossen werden.

### *Information und Geist als Akteure der Evolution*

Neben Energie und Materie tritt nun auch die Information als gleichwertige Größe auf die Bühne. So wie Energie und Materie miteinander korrespondieren so gilt das gleiche, wie bereits in einem früheren Kapitel angesprochen, für Information und den Geist. Der Geist verarbeitet Information und er schafft neue Information. Die Fragen die dann noch offen bleiben sind Folgende.

Wo kommt die Information her, die an der Entwicklung der Welt und speziell eines lebenden Organismus beteiligt ist?

Existierte die Information von Anfang an?

Kann Information durch einen evolutionären Prozess geschaffen werden?

Inwieweit ist Information als Resultat einer geistigen Leistung an der Entwicklung der Welt beteiligt?

Ist es berechtigt, dass eine dieser drei möglichen Quellen für sich die Exklusivrechte bei der Beteiligung zur Entwicklung und dem Aufbau lebender Organismen für sich beanspruchen darf?

Wer auf diese Fragen antworten will, wird sehr schnell feststellen, dass zu diesen vor einem naturwissenschaftlichen Hintergrund formulierten Fragen Antworten existieren, die auf Hypothesen basieren die keinesfalls mit der offiziellen Lehrmeinung konform gehen.

Wer die Antwort nach der Existenz der Information von Anfang an mit ja beantwortet und für sie die Exklusivrechte beansprucht, nimmt damit gleichzeitig und möglicherweise ungewollt die Position der Religionen ein. Wie heißt es in der Bibel? Am Anfang war das Wort, also die Information. In dieser Information ist der Plan zur Entwicklung des Universums und des Lebens enthalten, und sie braucht einfach nur noch benutzt zu werden. Evolution ist so entweder überflüssig, wie es ein religiöser Fundamentalist sehen würde, oder sie ist Bestandteil dieser Information und ihr Ablauf wäre von Anfang an so geplant, wie ihn die Darwinisten sich als rein mechanistischen Prozess vorstellen.

Wer die Entstehung von Information in einem evolutionären Prozess verneint und in diesem nur die Verarbeitung, Umschichtung und das Ausprobieren von Information sieht, nimmt damit gleichzeitig die Position der Intelligent Design Bewegung an, die die Entstehung von neuer Information generell als Resultat einer intellektuellen Leistung versteht. Man läuft damit auch Gefahr, mit der religiösen Position über den gleichen Kamm geschoren zu werden, weil diese die Argumentation auch gern für ihre eigene Position aufgreift.

Nur wer die Exklusivrechte für die Entstehung von Information für den evolutionären Prozess fordert, geht damit mit der offiziellen Lehrmeinung konform. Aber liegt er damit richtig?

Wie wir bereits gesehen haben, reichen die Erklärungsmodelle von Darwinismus, Neodarwinismus, Mechanismus oder Scientismus sehr weit und sind hervorragend geeignet, eine Reihe wissenschaftlicher Sachverhalte klar zu machen. Aber es gibt viele Randbereiche in denen sie nicht funktionieren. Die mechanistische Sicht und die auf Physik und Chemie basierende Naturwissenschaft hat uns eine Medizin beschert, die spektakuläre Erfolge erzielt. Der Mensch als Maschine kann behandelt werden wie ein Auto, bei dem man im Problemfall Öle, Lager, Reifen oder sogar den Motor auswechselt. Auf den Menschen

angewandt bedeutet das medikamentöse Behandlung mit chemischen Präparaten, der Einbau neuer Hüftgelenke, die Entfernung eines Blinddarms oder sogar die Transplantation einer Niere oder des Herzens. All dies war mit der Medizin des Mittelalters nicht möglich und erspart deshalb heute vielen Menschen großes Leiden oder den Tod. Aber im psychischen Bereich versagt diese Medizin, die auf diesem mechanistischen Weltbild basiert. Die großen gesundheitlichen Probleme sind heute Ausgebranntheit, Stress oder Depressionen. Hier kann die normale Medizin wenig ausrichten oder bestenfalls auf chemische Art und Weise die Symptome behandeln oder verdrängen, aber an die Ursache kommt sie nicht heran. Dies hat den einfachen Grund, dass die Ursache außerhalb des physikalisch chemischen Bereiches der Naturwissenschaften zu finden ist.

Es ist deshalb sicher nicht verkehrt, davon Abstand zu nehmen für ein Erklärungsmodell, das in großen Bereichen gut funktioniert, die Exklusivrechte zu reklamieren. Man sollte sich dafür öffnen, sich wenigstens andere Erklärungsmodelle anzuhören und daraufhin zu untersuchen, ob sie in den Bereichen, in denen das offizielle Modell versagt, die bessere Erklärung bieten können.

So wie traditionelle chinesische Medizin oder Homöopathie schon vielen geholfen hat, die keine vorgefasste ablehnende Haltung hierzu hatten, so sollten wir auch bei der Beantwortung der oben genannten Fragen, die unserer Kultur eigene Verhaltensweise ablegen, die alles, was nicht mit der offiziellen Lehrmeinung konform geht, ungeprüft ablehnt.

Bevor wir uns aber nun die Rolle von Geist und Intelligenz für die Evolution etwas näher ansehen, müssen wir aber zum zentralen Verständnis noch eine wichtige Lücke schließen, die die oben angesprochenen Erklärungsmodelle offen lassen oder erst gar nicht erkennen.

Diese Lücke ist die Antwort auf die Frage, was denn die Evolution steuert.

### *Das Steuerrad der Evolution*

Darwin hatte mit seinem Mechanismus der zufälligen Variation und der natürlichen Selektion beschrieben, wie die Evolution voranschreitet. Aber auf die Frage, in welche Richtung sie sich bewegt, geben Darwin und auch die des Neodarwinisten die lapidare Antwort: Die Evolution kennt keine Richtung!

Unsere bisherige Analyse legt aber den Schluss nahe, dass dies nicht ganz korrekt ist. Erinnern wir uns wieder an Dawkins kumulative Selektion. Diese steuert genauso wie die beschriebenen Weasel Algorithmen im Rahmen der geltenden Spielregeln mittels ihrer

Fitnessfunktion gegen die Menge zulässiger Lösungen im Organisationsraum. Dies sind die Lösungen, die vom evolutionären Standpunkt aus gesehen im Wettbewerb ums Dasein überlebensfähig sind. Wie wir weiter sehen konnten, unterliegt die kumulative Selektion einer negativen Rückkopplung, denn mit wachsender Anzahl positiver Variationen steigt die Wahrscheinlichkeit für eine negative Variation. Diese negative Rückkopplung friert die Entwicklung und die Lösungen auf einem bestimmten Niveau ein, da sich dann vom Standpunkt der natürlichen Selektion oder der Fitnessfunktion positive und negative Veränderungen die Waage halten.

Es sind also nur noch Variationen auf oder in der unmittelbaren Nähe des gleichen Fitnessniveaus möglich, sobald die kumulative Selektion das maximale Fitnessniveau erreicht hat. All diese Variationen sind die überlebensfähige Lösungsmenge bzw. repräsentieren die Arten, die in einem aktuellen in sich geschlossenem Lebensraum existieren können. Dabei ist es möglich, dass mehrere geschlossene d.h. voneinander unabhängige Lebensräume gleichzeitig existieren, von denen jeder eine eigenen Lösungsmenge hat. In Wirklichkeit sind das auf der Erde ca. zwei Millionen Lösungen bzw. Arten. Dies ist eine sehr kleine Teilmenge von denkbaren Lösungen, die der Organisationsraum anbietet.

Denken wir an die Variante 2.0 von Dawkins Weasel, die sich aufgrund zu geringer Population bei 21 +/- 1 richtigen Buchstaben festfuhr. Obwohl es ca. 10 hoch 30 mögliche Kombinationen im Organisationsraum des Weaselalgorithmus gibt, sind in dieser stabilen Situation nur noch ein geringer Teil an Lösungen möglich.

In dieser stabilen Lage ist es nun offensichtlich begründet, dass wir keine spektakuläre Entstehung neuen Arten beobachten können. Da die evolutionäre Entwicklung in einer solchen Situation zum Stillstand kommt, ist natürlich auch keine Richtung vorhanden in die sie fortschreiten könnte. Das verleitet dann zu dem Fehlschluss, dass die Evolution keine Richtung kennt. Wer aber bereits auf dem Ziel steht ohne es zu wissen, kann keine Zielrichtung mehr angeben.

Wenn wir uns aber in die Zeit vor Erreichen der stabilen Lage versetzen, so war eine Richtung deutlich zu erkennen. Die Entwicklung näherte sich schrittweise der Lösungsmenge des Organisationsraums an, auf der sie schließlich aufgrund einer negativen Rückkopplung stehen blieb.

Wie aber bringt man wieder Fahrt in die Entwicklung, und wie gibt man ihr eine neue Richtung? Die Antwort ist so verblüffend wie einfach: Indem man die Spielregeln ändert!

Sehen wir uns noch einmal den Weaselalgorithmus an. Es wurde ein Population von Kopien, der erfolgreichsten Individuen bzw. Sätze zufällig in einer einzigen Position variiert. Die Sätze, die die meisten Übereinstimmungen mit dem Zielsatz METHINKS IT LOOKS LIKE A WEASEL aufwiesen, wurden die Eltern der nächsten Generation. Offensichtlich kommen für den oder die Gewinner einer jeden Generation nur Sätze in Frage, die in einer Position mehr oder einer Position weniger übereinstimmen. Zwei Positionen mehr funktioniert nicht, da bei nur einer Variation pro Generation auch nur eine Position zusätzlich zum Positiven verändert werden kann, und zwei Positionen schlechter landet nahezu automatisch bei den Verlierern.

Wenn wir jetzt aber die Spielregeln ändern, haben auch andere Sätze eine Chance. So könnten wir den Zielsatz so ändern, dass er lautet: METHINKS IT LOOKS LIKE A MONKEY. Damit machen nun automatisch die Sätze das Rennen, die in dem letzten sechs Zeichen eher mit dem Wort MONKEY übereinstimmen. Sogar Sätze die das Wort WEASEL bereits komplett hatten, gehören nun zu den Verlierern. Die Entwicklung schlägt auch nun eine neue Richtung ein, da sie offensichtlich gegen andere Lösungen im Organisationsraum konvergiert.

Was in unserem Algorithmus funktioniert, lässt sich auch in der Natur beobachten. Wenn sich die Rahmenbedingungen in der Umwelt ändern, verschwinden die einen Arten und andere tauchen auf oder übernehmen. Naturkatastrophen oder Klimaveränderungen nehmen gewissen Arten den Lebensraum und begünstigen andere. Die Fossilienfunde deuten daraufhin, dass größere Veränderungen in Flora und Fauna vermutlich nicht, wie es Darwin forderte, graduell und in kleinen Schritten über sehr lange Zeiträume stattfanden, sondern in geologischen Zeiträumen gesehen relativ kurzfristig von statten gingen.

Die Bodenschichten deuten dabei ebenfalls daraufhin, dass diese Faunenschnitte an größere Naturkatastrophen gekoppelt waren, wie gewaltige Vulkanausbrüche oder der Einschlag eines Asteroiden oder Meteors, der die Saurier vernichtete. Die Folge der Naturkatastrophen war eine dramatische Veränderung der Spielregeln bzw. der Lebensbedingungen, die einen veränderte Anpassung erforderte und die plötzlich besser an die neuen Regeln Angepassten begünstigte statt diejenigen, die optimal an die alten Regeln angepasst waren. Die veränderte Zielrichtung der Evolution öffnete dann für ein kurzes Intervall für die Entstehung neuer Arten, bis sich die Fitnessfunktion der natürlichen Selektion erneut im Gleichgewicht befand.

Forschungsergebnisse deuten sogar darauf hin, dass Organismen in Situationen des Gleichgewichtes selbsttätig gegensteuern und zufällige Veränderungen nicht bei der

Proteinsynthese und somit für die Veränderung ihrer Gestalt wirksam werden lassen. Fred Hoyle beschreibt in seiner Dissertation *Evolution from Space* eine solche Situation. Er ist der Ansicht, dass eine Gleichgewichtssituation bei gleichzeitiger Konkurrenzlage mit anderen Arten, keinerlei Experimente duldet. So leben auf einer Almwiese hunderte von Blumen und Gräsern gemeinsam im gleichen Lebensraum. Sollte eine Art sich verändern, indem sie mehr Samen produziert oder höher wächst, so kann das Gleichgewicht gestört werden, und eine andere Art, wie z.B. die Disteln könnten überhand nehmen. Fred Hoyle war der Ansicht, dass die bevorzugte Lösung der Evolution in Konkurrenzlage die Kooperation ist und nicht, wie wir es von unseren westlichen Wirtschaftssystemen gewohnt sind, ein Kampf ums Dasein mit fressen und gefressen werden.

Der japanische Biologe Muto Kimura konnte bei seinen Forschungen nachweisen, dass es in der DNA seiner untersuchten Organismen immer wieder zufällige Veränderungen gab, manchmal auch mehrere, die keinerlei Auswirkung auf die Gestalt und Fähigkeiten des Organismus zu haben schienen.

Man könnte sich nun vorstellen, dass genau durch die Änderung der Spielregeln, das Gleichgewicht gestört, die Konkurrenzlage aufgehoben und der Weg für Veränderung dadurch geöffnet wird. Aber hat man so etwas schon in der Natur beobachten können?

Der russische Biologe Dimitri Beljajew führte in den 50er Jahren Zuchtversuche mit Silberfüchsen durch. Er beabsichtigte eine Rasse zu züchten, die nicht wie gehabt das wertvollste Fell lieferte, sondern er änderte die Spielregeln für die Weiterzucht, und wählte die Individuen aus, die sich am friedfertigsten und am wenigsten bissig gegenüber Menschen verhielten. Das Ergebnis war wie erwartet, dass die Füchse nach nur 10 bis 20 Generation, zahm und freundlich wie Hunde geworden waren und ihre Betreuer freundlich mit Schwanzwedeln begrüßten.

Aber es trat ein weiterer unerwarteter Effekt auf. Diese Population von Füchsen hatte gleichzeitig ihre Gestalt und ihr Aussehen markant verändert. Sie hatten eine andere Kopfform, Schlappohren, einen geringelten Schwanz und ein geflecktes Fell ausgebildet.

Graduelle Evolution durch zufällige Variation kommt hier kaum als Erklärung in Frage, da sich diese neue Rasse in nur wenigen Generationen geformt hatte. Als Erklärung lässt sich die Änderung der Zielrichtung für eine Entwicklung anführen. Ursprünglich hatte ein Gleichgewicht bestanden, und alle Füchse konkurrierten darum, wer das wertvollste Fell hatte. Schlappohren, Ringelschwanz und geflecktes Fell hätten dabei das sichere Aus bedeutet, während Bissigkeit kein Nachteil war. Erst als Freundlichkeit das neue Selektionskriterium wurde, spielten Schlappohren und Fellflecken keine Rolle mehr und

konnten, solange sich noch keine stabile Lage in Bezug auf Freundlichkeit eingestellt hatte, als mögliche neue zulässige Lösungen des veränderten Organisationsraumes in Erscheinung treten.

### *Intelligenz als Faktor der Evolution*

Nachdem wir nun die Bedeutung der Spielregeln für die Entwicklung eines Organismus im letzten Abschnitt erkannt haben, werden auch die Möglichkeiten des Geistes und der Intelligenz bei der Einflussnahme auf die Evolution deutlich.

Allerdings zieht hier die klassische Wissenschaft eine deutliche Grenze. Alles was eine geistige oder intelligente Ursache hat, also der menschlichen Planung entspringt, wird als nicht natürlich angesehen, sondern als künstlich. Alle Vorgänge in der Realität, die intelligente Ursachen haben, werden deshalb nicht von den Naturwissenschaften behandelt, sondern eher im Bereich der Ingenieurwissenschaften angesiedelt. Naturwissenschaftler grenzen damit solche Faktoren von ihrer Wissenschaft aus, und ihr Einfluss auf die Evolution und die Entwicklung der Organismen wird oft als nicht vorhanden oder unerheblich dargestellt.

Ich möchte aber in diesem Kapitel diese Grenze überschreiten und dabei deutlich machen, welchen großen Einfluss Geist und Intelligenz auf die Evolution haben können und welche unterschiedlichen Wege sie dabei nehmen. Es gibt mehrere Wissenschaftler, die wie der Physiker und Nobelpreisträger Gerd Binnig sich dafür einsetzen, dass diese Grenze fällt und so genannte künstliche Objekte als spezielle natürliche Objekte von der Naturwissenschaft behandelt werden. Das könnte den Weg zum besseren Verständnis der Welt öffnen.

Ein intelligentes Individuum hat mehrere Möglichkeiten, seine Intelligenz dazu zu benutzen, sich einen Vorteil vor der Evolution zu schaffen. So kann es zunächst ganz pragmatisch seine äußere Gestalt so verändern, dass seine Chancen sich im Wettbewerb mit anderen Individuen verbessern. Intellektuelle Handlungen können aber auch die Rolle des Zufalls für eine biologische Variation durch einen gezielten und geplanten Eingriff ersetzen, wie sie auch die Rolle der natürlichen Selektion übernehmen können, die dann zur künstlichen Selektion wird. Weiterhin ist ein intelligentes Individuum in der Lage, durch massive Eingriffe in seine Umwelt die Spielregeln der Evolution außer Kraft zu setzen und neue zu etablieren,

die ihm einen evolutionären Vorteil verschaffen oder für Nachteile kompensieren. Aber sehen wir uns diese Vorgänge einmal etwas genauer an.

### *Der direkte Weg oder der Sieg des Pragmatismus*

Wer lange strohblonde Haare hat, wie Claudia Schiffer, die Nase von Diana Ross, die Lippen von Angelina Jolie, die Augen von Megan Fox und die Figur von Pamela Andersson, der steigert seine Chancen für die Wahl eines geeigneten Lebenspartners dramatisch. Auch stehen ihm, oder im Beispiel besser ihr, verschiedene attraktive und gut bezahlte Berufe wie Model, Schauspieler oder Popstar offen. Tatsächlich findet man diese Attribute des Äußeren häufig bei den Reichen und Erfolgreichen, und sie tauchen in immer breiteren Bevölkerungsschichten auf.

Sehen wir hier wie die Evolution funktioniert? Offensichtlich ja – aber ist das auch ein Indiz für das Funktionieren von Darwins Mechanismus? Die Antwort ist eindeutig nein. Die Veränderungen des Erscheinungsbildes sind nicht das Ergebnis von zufälliger Variation und natürlicher Selektion. Sie sind das Resultat eines intellektuellen Prozesses und eines gezielten und geplanten Eingriffs zur Modifikation der Gestalt. Das Färben oder Bleichen der Haare, Schönheitsoperationen oder Schminke sind heute für viele Menschen eine Selbstverständlichkeit.

Aber der Mensch erreicht auf diese Art und Weise noch mehr. Ist er längere Zeit Kälte ausgesetzt, so entwickelt er kein wärmendes Fell, sondern er zieht sich einfach bei Bedarf eines über. Aber er passt sich nicht nur Wärme und Kälte an, sondern er reagiert mit seinem Aussehen wie ein Chamäleon auf unterschiedliche Faktoren seiner Umwelt. Er verändert sein Aussehen und seine Farben einfach wie es ihm vorteilhaft erscheint, indem er seine Kleidung wechselt.

Er entwickelt keine größeren physischen Kräfte, um seine Arbeit besser verrichten zu können oder im Kampf als Sieger hervorzugehen, sondern er verschafft sich Werkzeuge oder Waffen, die seine Fähigkeiten erweitern und ihn gegenüber anderen Individuen konkurrenzfähig oder überlegen machen. Er entwickelt Maschinen, die seine Fähigkeiten Entfernungen zu überwinden vervielfachen und er verschafft sich sogar Maschinen, die ihn über große Distanzen außerhalb seiner angeborenen Fähigkeiten mit anderen Individuen seiner Art kommunizieren lassen. Er ist sogar in der Lage mit Hilfe von Maschinen die Fähigkeiten seines Gehirns zu erweitern. Der Mensch hat sogar die Fähigkeit erworben, biologische Defekte in seinem Körper, die ihn unweigerlich zu einem Opfer der natürlichen Selektion machen müssten, durch Einnahme von Stoffen, die chemische Prozesse in seinem Körper einleiten, zu neutralisieren. So können z.B. Diabetiker ein ganz normales Leben



führen und ihre Krankheit weitervererben, was die natürliche Selektion ohne den Einsatz menschlicher Intelligenz gnadenlos verhindern würde.

Der Mensch ist nicht mehr, wie andere Arten, die auch seinen Lebensraum bevölkern, darauf angewiesen, dass die Evolution ihm über lange Zeiträume und viele Generationen ein besseres Aussehen oder diese neuen Fähigkeiten verleiht, sondern er kann sie kurzfristig als Ergebnis seiner Planung und aufgrund seines Willens erhalten. Das macht ihn gegenüber anderen Arten vor der Evolution besonders konkurrenzfähig.

Bereits hier deutet es sich an, dass Geist und Intelligenz einen beachtlichen Einfluss auf die Evolution haben, wenn auch auf eine bisher noch recht pragmatische Art und Weise. Dies berechtigt zu der Kritik, dass es sich hier eigentlich doch gar nicht um Evolution handelt. Verglichen mit Darwins Mechanismus fehlt doch noch eine unerlässliche Komponente.

All die oben genannten Attribute und Fähigkeiten sind auf das Individuum beschränkt, dass sie erworben hat. Mit seinem Tod gehen diese offensichtlich wieder verloren. Die Evolution wie sie Darwin beschreibt, ist jedoch in der Lage solche Fähigkeiten nicht nur in einem Individuum, sondern in der gesamten Art zu verankern, indem sie vererbt werden können. Die Mechanismen hierzu haben wir ausführlich betrachtet. Aber bieten diese Mechanismen auch die Möglichkeiten die Errungenschaften des Geistes, die nicht zu einer genetischen Modifikation geführt haben, zu vererben und damit an die Art weiterzugeben?

### *Intelligenz ersetzt Darwins Mechanismus*

Der Geist hat auch dieses Problem gelöst, wenn auch nicht für das Individuum selbst, dass diese geistige Leistung erbringt, so doch für andere Organismen, deren Evolution es steuern möchte.

Statt dass der Zufall die Gene verändert, schleust der Mensch gezielt Gene in das Erbgut anderer Organismen ein. Diese zeigen dann normalerweise, die Veränderung die der Mensch geplant hat, wie z.B. Resistenz gegen Pflanzengifte oder Kälte oder ein schnelleres Wachstum. Da diese geplanten Veränderungen Bestandteil der DNA sind, werden sie natürlich weitervererbt und eine neue Art, Rasse oder Sorte eines Organismus ist entstanden, wie z.B. die Maissorte MON810.

Aber auch den zweiten Teil von Darwins Mechanismus die natürliche Auswahl ersetzt der Mensch durch eine geplante Auswahl, die völlig andere Ziele verfolgen kann als die natürliche Selektion. Die unterschiedlichen Rassen von Hunden sind hierfür der lebende Beweis, der schon Darwin inspiriert hat. Auch hier werden die Eigenheiten einer neuen

Rasse weitervererbt. Seit Gregor Mendel kennt der Mensch die Vererbungsgesetze und kann so durch gezielte Zuchtwahl in wenigen Generationen eine neue Rasse mit den gewünschten Eigenschaften schaffen, die dann stabil innerhalb der Rasse weitervererbt werden.

### *Kultur als Träger einer geistigen Evolution*

Bis heute hat der Mensch davon Abstand genommen, seine eigene Rasse auf diese Art und Weise zu manipulieren. Die Kenntnisse und Möglichkeiten hierzu hätte er. Aber da gibt es noch etwas, das ihn vorläufig daran gehindert hat. Es ist der Geist der Gemeinschaft, der ihm Spielregeln vorgibt, an die er sich halten sollte.

Menschen, aber auch andere Lebewesen, bilden Gemeinschaften, die sich gegenseitig schützen, helfen, die Arbeit teilen oder gemeinsame Aufgaben übernehmen, zu denen der Einzelne nicht im Stande wäre. Es ist der Geist oder eine intellektuelle Leistung, die eine solche Gemeinschaft kontrolliert und zusammenhält. Die einzelnen Individuen der Gemeinschaft stehen untereinander in intensivem Austausch von Information. Auf diese Weise können Ergebnisse intellektueller Leistungen reproduziert werden und sich mit ungeheurer Geschwindigkeit innerhalb der Gemeinschaft ausbreiten.

Damit ist die Weitergabe oder Vererbung von Information eines Individuums, die die evolutionäre Entwicklung seiner Art beeinflusst, gesichert. Moderne Gesellschaften legen extremen Wert auf eine Ausbildung. Bevor ein junges Individuum ein vollwertiges Mitglied der Gemeinschaft wird, durchläuft es jahrelang eine intensive Ausbildung, in der ihm die Werte, Spielregeln, Erfahrungen und wissenschaftliche Erkenntnisse gelehrt werden. Erst dann ist es in der Lage, in der Gesellschaft einen wichtigen Platz einzunehmen.

Unerlässlich ist es hierbei, dass ein Individuum lernt, mit den anderen Individuen seiner Gemeinschaft zu kommunizieren. Hierzu muss es eine oder sogar mehrere Sprachen lernen, aber auch das Schreiben, um Information als Struktur zu konservieren, und das Lesen, um als Struktur konservierte Information zu empfangen. Wer weder Lesen noch Schreiben gelernt hat oder die Sprache des Kulturkreises, in dem er sich bewegt, nicht beherrscht, hat es schwer sich in dieser Gesellschaft zu behaupten. Die Evolution findet hier auf einer anderen als der biologischen Ebene statt, wenn sie sich auf diese Weise auf eine soziale kulturelle Ebene verlegt. Für Darwins natürliche Selektion spielt es jedoch keine

Rolle, auf welcher Ebene die Evolution stattfindet. Sie bewertet grundsätzlich alle Ebenen gleichzeitig.

### *Kultur verändert die Spielregeln*

Kultur hat aber auch noch eine weitere Komponente, die erheblichen Einfluss auf die Entwicklung der Lebewesen in einem speziellen Kulturkreis hat. Wie wir bereits sehen konnten, verändert der Mensch als Ergebnis eines intellektuellen Prozesses auf ganz pragmatische Art sein eigenes Äußeres, und erzielt damit kurzfristig Ergebnisse, für die die Evolution sehr lange Zeit benötigen würde. Aber mit diesen Veränderungen macht er nicht nur bei sich selbst Halt, sondern er verändert ganz gezielt seine Umwelt, damit er sich selbst nicht anpassen muss.

Statt Nahrungsmittel zu sammeln und Wild zu jagen, legte er Äcker, Felder und Weiden an und betrieb Ackerbau und Viehzucht, was sein Leben erleichterte und es einer größeren Anzahl Individuen erlaubte, im gleichen Lebensraum zu überleben. Er erfand die Arbeit, um die Produkte seines täglichen Bedarfes zu erzeugen und die Arbeitsteilung, die die benötigten Produkte mit weniger Aufwand oder in größerer Anzahl herstellen konnte. Hierzu schlossen sich kleinere Gruppen wie Familien zu immer größeren Gemeinschaften wie Dorfgemeinschaften zusammen. Diese griffen mit massiven Veränderungen in die Natur ihres biologischen Umfelds ein. Sie bauten Häuser, legten Felder und Äcker an und erschlossen Wege, die sie miteinander verbanden. Sie bauten Zäune auf, die andere Individuen oder wilde Tiere von ihrem engsten Lebensraum fernhielten, und umgekehrt drangen sie in die Lebensräume anderer Arten ein.

Das Ergebnis dieses Prozesses ist uns allen bekannt. Man lernte, wie man sich die Energie dazu nutzbar machen konnte, mehr und mehr Arbeit zu verrichten und damit mehr und mehr Lebensmittel und Produkte des täglichen Bedarfs zu erzeugen. Zunächst war es die Kraft von Ochsen und Pferden, dann die der Dampfmaschine, dann die der Dieselmotoren und schließlich konnte man sich mittels Atomspaltung die Energie zu nutze machen, die der Materie selbst innewohnt. Der evolutionäre Vorteil, der hieraus gegenüber konkurrierenden Arten entstand, ist enorm. Der Mensch beherrscht heute die gesamte Erde, und wer sie mit Google Earth von oben betrachtet, erhält einen dramatischen Eindruck davon, wie weit die geistigen Leistungen der menschlichen Ingenieurwissenschaften, die biologische Umwelt verändert haben. Wer über Metropolen wie Brasilia surft, kann sich nicht mehr vorstellen, dass hier noch vor wenigen Generationen dichtester Regenwald stand, und wer über London, Tokyo oder Moskau das Gewirr von Strassen, Gebäuden und Versorgungsleitungen

beobachtet, kann sich nicht mehr vorstellen, dass hier vor 800 Jahren nach heutigen Maßstäben nur Kleinstädte existierten und auf dem größten Teil des heutigen Areals dieser Städte noch die Natur und die biologische Evolution bestimmte, was in diesem Lebensraum überleben durfte.

Menschliche Intelligenz und Ingenieurkunst haben die Spielregeln dramatisch zu Gunsten des Menschen umgeschrieben. Hunderte von Arten mussten dem Menschen Platz machen. Es gab aber auch eine Reihe von so genannten Kulturfolgern, die ebenfalls von den neuen Spielregeln begünstigt wurden, obwohl der Mensch sie nicht für sie gemacht hatte. Ratten und Mäuse können sich in diesem vom Menschen geprägten Milieu sehr gut, ja besser als im früheren Lebensraum behaupten. Vogelarten wie Meisen, Spatzen oder Amseln überleben ebenfalls unter den neuen Spielregeln und selbst Füchse, Skunks und Waschbären sind keine Unbekannten in amerikanischen Großstädten, und auch von deutschen Grosstädten wird berichtet, dass dort der Steinmarder sein Unwesen mit geparkten Autos treibt.

Aber die kulturelle Entwicklung, die den biologischen Lebensraum dramatisch verändert hat, ist keine Einbahnstrasse. Die Lebensbedingungen einer modernen Grosstadt führen dazu, dass der moderne Mensch immer neue Fähigkeiten erwirbt, wie das Bedienen von Handys, Navigationsgeräten, Fahrkartenautomaten oder Espressomaschinen. Auf der anderen Seite hat er eine Vielzahl von Fähigkeiten verloren, die für seine Grosseltern häufig noch eine Selbstverständlichkeit waren. So sind viele Menschen kaum noch in der Lage einen Garten anzulegen und Gemüse anzubauen oder ihre eigene Kleidung zu produzieren, da sie sich nicht mehr die Fähigkeiten des Nähens und Strickens angeeignet haben. Sehr viele jüngere Leute sind nicht mehr in der Lage ihr eigenes Essen zuzubereiten. Sie haben nur gelernt, industriell hergestellte Lebensmittel im Supermarkt einzukaufen und in der Mikrowelle oder im Backofen zu erwärmen.

Einige meiner jüngeren Kollegen kaufen sich grundsätzlich jeden Tag ein fertiges Brötchen und einen Kaffee Latte auf dem Weg zur Arbeit und gehen dann immer mittags und abends in ein Restaurant zum essen.

Das spart Zeit, die sie im Gegensatz zu anderen, die aufwändig kochen, dazu benutzen können länger zu arbeiten, ihren Körper in einem Fitnesscenter zu trainieren oder auf der Bowlingbahn oder dem Golfplatz ihre Geschicklichkeit zu verbessern.

Solange der evolutionäre Prozess im Gleichgewicht ist, haben sie eine gute Position in der modernen Gesellschaft und sind perfekt an das moderne Stadtleben angepasst. Das Problem tritt erst dann auf, wenn sich die Spieregeln verändern. Wir alle wissen was

Wirtschaftskrisen oder Arbeitslosigkeit für dramatische Folgen haben können. Selbst wenn die Gemeinschaft das Überleben sichern kann, so hat es derjenige dann besonders schwer, der sein kurz bemessenes Geld in ein Schnellrestaurant tragen muss, da er nicht kochen kann. Aber das sind nur die weniger dramatischen Ereignisse. Tiefere Veränderungen, z.B. des biologischen Milieus durch Naturkatastrophen können die Gewinner der modernen Industriegesellschaft vor der Evolution zu den Verlierern von morgen machen. Im Roman Luzifers Hammer, der die Folgen einer globalen Katastrophe durch Kometeneinschlag beschreibt, wird das sehr treffend so ausgedrückt: Die Zivilisation endet drei Tage nach der Stromabschaltung. Haben Sie schon mal beobachtet, wie hilflos Sie selbst oder andere sind, wenn abends plötzlich der Strom ausfällt, und weder Fernseher, Licht oder Heizung funktionieren?

Wenn das Steuer der Evolution herumgerissen wird, sind die Karten neu gemischt und die Spielregeln geändert. Die natürliche Auswahl begünstigt plötzlich Individuen mit anderen Merkmalen und Fähigkeiten. Natürlich ist sich der moderne Stadtmensch dieser Problematik häufig in irgendeiner Form bewusst und macht sich seine Gedanken. Diese wiederum können ihn veranlassen seine Anpassung in neue Bahnen zu lenken, wie dass er anfängt zu sparen, sich einen modernen Geländewagen zulegt, den die Schweden treffend Stadtsjeep nennen, einen Kochkurs macht oder sich im Buchladen ein Überlebenshandbuch für die Wildnis kauft.

Aber was ist es, das die Menschen so beunruhigt und ihr Leben so stark beeinflusst, dass sie ihre Verhaltensweisen erkennbar verändern, ohne dass in der biologischen und physischen Umwelt eine direkte Veränderung eingetroffen wäre, die diese Anpassung erfordern würde?

### *Eine mentale Umwelt nimmt Einfluss auf die Entwicklung*

Neben der uns immer gegenwärtigen biologischen und physikalischen Umwelt leben wir in einer mentalen oder geistigen Umwelt, die uns genauso permanent beeinflusst, uns aber nicht so deutlich bewusst ist. Wir leben in einem geistigen Klima, das die Gemeinschaft, in der wir leben geschaffen hat, es aufrecht erhält und permanent weiterentwickelt. Aus dieser geistigen Umwelt strömen ununterbrochen Informationen auf den unterschiedlichsten Wegen auf uns ein. Die Ansichten unserer Mitmenschen, das Fernsehen, Zeitungen, Bücher oder das Internet formen unser Bewusstsein.

Mittels dieser auf uns einströmenden Information aus Ideen und Ansichten bauen wir uns unser Verständnis der Umwelt auf, und verankern bei uns selbst, was wirklich und was

unwirklich ist, was glaubwürdig und was unglaubwürdig ist oder was vernünftig und was unvernünftig ist.

Aber es sind nicht nur rationale vom Verstand verarbeitbare Wertmassstäbe, die von der geistigen Umwelt geprägt werden. Auch unsere Gefühle, Emotionen ja selbst unsere Moral wird durch sie geprägt und entscheidend geformt. Sie bauen in uns ein Verständnis von Gut und Böse auf und bestimmen, wann wir Gefühle wie Freude, Scham, Stolz, Ärger, Abscheu oder Liebe empfinden.

Wer in der Welt herumreist, entdeckt schnell, dass unterschiedliche Gemeinschaften eine ganz unterschiedliche geistige Umwelt produzieren, sodass unser eigenes Verständnis der Welt und die damit verbundene Anpassung, die sich in unseren Verhaltensformen äußert, mit denen einer anderen Gemeinschaft ungewollt in Konflikt gerät.

Als ich Mitte der 80er Jahre ein paar Wochen in Johannesburg Südafrika einen Auftrag hatte, ging ich am ersten Tag in ein Schnellrestaurant, das mir besonders preiswert erschien und bestellte mir ein Paar Würstchen mit Pommes. Das Personal hinter Theke schaute mich verdutzt an und fragte, ob das mein Ernst sei und ob ich das wirklich haben wolle. Nachdem ich das entschieden bejaht hatte und mit meinen Würstchen Platz genommen hatte, entdeckte ich, dass die etwa 20 bis 30 anwesenden Restaurantbesucher mich alle anstarrten als ob ich von einem anderen Stern wäre. Ich sah an meiner Kleidung herunter ohne etwas Merkwürdiges zu entdecken, bis mir plötzlich klar wurde, was mit Apartheid gemeint war und ich der einzige Weiße im Lokal war. In den darauffolgenden Tagen eckte ich ungewollt noch mehrmals an, z.B. als ich mit einem meiner Kollegen in ein Taxi steigen wollte und der Fahrer mir entsetzt zurief „No Sir! One car one colour!“. Für meine südafrikanischen Kollegen war das in dieser Gesellschaft korrekte Verhalten ganz normal und meine Kommentare zu solchen Erlebnissen stießen eher auf Unverständnis, ja man machte mich sogar darauf aufmerksam, dass ich für dieses Verhalten ausgewiesen werden könnte, wenn ich damit auffiel.

Andere Länder andere Sitten. Oft musste ich es im Ausland erleben, dass einer positiven mündlichen Zusage wenig Wert zugemessen wird, während man in Deutschland normalerweise zu seinem Wort steht. In anderen Ländern empfindet man es jedoch als peinlich, einfach nein zu sagen. Wenn man dann ein Ja aus seinem Zusammenhang nicht als nein interpretiert, so hat man nicht nur als Geschäftsmann eine Reihe von Nachteilen.

In den USA musste ich schnell lernen wie man mit seinem direkten deutschen Diskussionsstil aneckt. Man ist hier stets auf Höflichkeit bedacht und wenn man der Ansicht ist, dass einer seiner Mitarbeiter ein schlechtes Arbeitsergebnis abgeliefert hat, so darf man

sich auch dann nur positiv äußern, um sein Gegenüber nicht schwer zu beleidigen. Also sagt man nicht: „Das gefällt mir nicht! Mach das noch mal und zwar so!“ sondern man sagt „Das gefällt mir ganz gut, aber was hältst du von folgendem Verbesserungsvorschlag!“

Aber die geistige Umwelt beeinflusst nicht nur das soziale Verhalten einer Gemeinschaft, sie prägt auch deutlich unsere Gefühle und unser Moralverständnis. Es ist entscheidend abhängig von der Gemeinschaft, in der wir leben, wann und worüber wir uns freuen, uns ärgern, wir uns schämen, wovor wir Angst haben oder was wir begehren. So ist es amerikanischen Geschäftsleuten sehr peinlich in Pullover und Jeans auf der Arbeit zu erscheinen, z.B. wenn ihr Koffer bei einer Flugreise verschollen ist. Meine New Yorker Kollegen, die nur drei Tage zu einem Besuch in München waren, waren entsetzt über die Kleidung oder den Haarschnitt, den ihre deutschen Kollegen am Arbeitsplatz trugen, und äußerst peinlich berührt, wenn sie im Englischen Garten oder am Ufer der Isar Frauen oben ohne in der Sonne liegen sahen. Im südafrikanischen Fernsehprogramm entdeckte ich, dass auch harmlose Sexszenen aus den mir bereits bekannten Filmen entfernt worden waren, während man auf der anderen Seite Gewaltszenen zeigte, die in Deutschland sofort entfernt worden wären und bei mir Ekel erregten.

Aber genauso funktioniert das geistige Milieu und die in es eingebettete moralische Umwelt. Der permanente Informationsstrom von Fernsehen, Radio, Zeitschriften, Internet und Diskussionen mit Mitmenschen bringt uns ständig nahe, was normal ist, gut oder schlecht, wovor wir Angst haben sollten, was peinlich ist und was nicht. Besonders aber werden Wünsche geweckt, für das was wir erstreben oder einfach nur anschaffen sollten, damit wir Gefühle, wie Stolz, Zufriedenheit, den Neid der anderen oder Liebe empfinden dürfen. Der intensive Widerstreit zwischen unterschiedlichen Gefühlen, Wünschen und von der Vernunft gesteuerten Erwägungen löst ein anderes merkwürdiges Gefühl aus, das wir Stress nennen.

So passen sich die Individuen an die geistige Umwelt an. Ein ganzes Volk durchleidet nacheinander, selbst wenn die einzelnen Individuen persönlich gar nicht davon betroffen sind, Tsunami, Vogelgrippe, Schweinegrippe, Ölpest und Finanzkrise. Man kauft die Kleider die das H&M Girl einem auf Plakatwänden vorführt, und wünscht sich das Auto das einem nicht nur einen Vorsprung durch Technik gibt, sondern gleichzeitig einen besseren Status als das Auto der Nachbarn.

Wer sich nicht anpasst, wird zum Außenseiter. Er erlebt Nachteile bei der Partnerwahl oder bei der Suche nach einem Arbeitsplatz mit interessanten Aufgaben oder guter Bezahlung, oder er wird bei der Wahl für leitende Positionen übergangen. Die natürliche Selektion leistet auch auf dieser Ebene einen nicht unerheblichen Beitrag.

Gefühle, die von der geistigen Umwelt ausgelöst werden, sind im Allgemeinen auch mit chemischen Prozessen und Reizungen bestimmter Zonen im Gehirn verbunden. Wer sich ärgert, spürt das am ganzen Körper, da das Hormon Adrenalin seinen Einfluss geltend macht. Ähnliches gilt für Hunger aber auch für Freude. Die geistige Umwelt greift direkt in den Chemiehaushalt eines Individuums ein. Damit ist auch der Kreis zur physikalisch-chemischen Umwelt wieder geschlossen. Die geistige Umwelt verändert direkt die Positionangaben innerhalb des Körpers eines Individuums und außerhalb. Dies kann Auswirkungen auf die biologische Entwicklung bzw. auf die Gestalt eines Individuums haben.

Forschungen am Karolinska Institutet Stockholm konnten nachweisen, dass Kinder, die durch Kaiserschnitt geboren wurden, dadurch hohem Stress ausgesetzt waren, was zu feststellbaren Veränderungen des Organismus führte.

So zeigte eine Untersuchung der weißen Blutkörperchen aus Nabelschnüren neugeborener Kinder, dass bei Kindern, die durch Kaiserschnitt geboren waren im Gegensatz zu denen, die eine normale Geburt erlebt hatten, in Abschnitten der DNA eine Methylierung, wie wir sie bereits bei der Diskussion von Positionangaben kennengelernt haben, stattgefunden hatte, was sich, wie spätere Analysen ergaben, auf das Immunsystem der Kinder auswirkte. Der Effekt ist, dass solche Kinder häufiger von immunologischen Krankheiten wie Diabetes, Asthma oder Leukämie betroffen sind.

Die Forscher des Karolinska Institutet bezeichnen dieses Phänomen deutlich als epigenetische Programmierung des Immunsystems als Folge von Stress. Dieses Forschungsergebnis sollte sich wiederholen lassen können und wäre damit eine Bestätigung der Hypothese, dass die Entwicklung des Lebens epigenetische Komponenten enthält, so wie es Driesch vermutet hat.

Die Entwicklung eines Individuums ist somit nicht nur durch die DNA geprägt, sondern auch von der biologischen, physikalischen und geistigen Umwelt abhängig. Information aus der Umwelt wird von einem Individuum zu einem gewissen Zeitpunkt seiner Entwicklung aufgenommen. Die Bedeutung der Information wird in einem intellektuellen Prozess erkannt und löst Gefühle oder eine Weiterverarbeitung und Bewertung durch den Verstand aus. Gefühle, Wünsche oder selbst der Verzicht, seinen Gefühlen und Wünschen nachzugeben beeinflussen die Körperchemie und damit die Positionangaben des Individuums.

Die Positionangaben beeinflussen die Entwicklung des Individuums. Damit ist alles miteinander verbunden und nimmt Einfluss auf Form und Eigenschaften eines Organismus während seiner Entwicklungsphase.



Aber nur der Geist ist in der Lage dem Zufall wenigstens vorübergehend das Steuer der Evolution zu entreißen und der Entwicklung eine geplante Richtung und ein Ziel zu geben. Inwieweit dies geschieht oder in der Vergangenheit geschehen sein könnte, soll im nächsten Kapitel untersucht werden.

### *Der blinde und der sehende Uhrmacher*

Wir haben im vorigen Kapitel die Möglichkeiten des Geistes bzw. der Intelligenz kennengelernt, auf die Gestalt und Entwicklung lebender Organismen Einfluss zu nehmen. Damit kommen wir zu einer weiteren Kernfrage, die sich bereits im Titel dieses Buches verbirgt: Kann man den Einfluss von Intelligenz der Gestalt und Form eines Objektes ansehen?

Bereits vor ca. 250 Jahren hat der englische Theologe William Paley in seinem Buch „Natural Theology“ die Hypothese aufgestellt, dass man den Dingen in der Natur und Umwelt aufgrund ihrer Komplexität und einer erkennbaren Funktionalität ansehen kann, dass sie von einer Intelligenz für einen spezifischen Zweck geplant worden sind. Damit ist zunächst noch gar nicht ausgedrückt, dass es sich bei dem Planer um ein göttliches Wesen handeln muss.

Paley gibt ein Beispiel: Wenn Sie in einem Flussbett spazieren gehen und einen interessant geformten Stein mit vielen Ecken und Kanten sowie verschiedenen Farben und Einschlüssen von Mineralien finden, so kann man den Stein als ein komplexes und vermutlich einmaliges Gebilde ansehen. Man geht ganz intuitiv davon aus, dass der Stein auf natürliche Art und Weise, durch eine ganze Reihe natürlicher geologischer Prozesse seine Gestalt erhalten hat. Wenn Sie jetzt aber ein paar Meter weiter eine goldene Uhr auf dem Boden finden, kommt Ihnen ganz bestimmt nicht der Gedanke, dass diese Uhr irgendwie auf die gleiche oder ähnliche Weise entstanden ist, sondern dass sich hinter dieser Form der Plan und das Werk eines intelligenten Uhrmachers befindet. Das entnimmt man einerseits der Komplexität und andererseits der Erkenntnis, dass dieses Ding einen ganz bestimmten Zweck hat, also die Anzeige der Uhrzeit. Paley geht jedoch einen Schritt weiter und versucht aufzuzeigen, dass sich in der Natur und bei den lebenden Organismen Beispiele finden lassen, die er als Hinweis oder als Beweis für die Existenz eines intelligenten Planers wertet. Wen er dabei als Urheber ansieht, daran lässt er keinen Zweifel.

Damit stößt Paleys Hypothese jedoch auf den vehementen Widerstand moderner Wissenschaftler, allen voran der Biologe und Autor Richard Dawkins. Dawkins ist der

Ansicht, dass ein evolutionärer Prozess sehr wohl auch die Uhr geschaffen haben kann, was ihm dazu veranlasst hat, einem seiner bekanntesten Bücher den Titel „Der blinde Uhrmacher“ zu geben. Er vertritt hierin die Ansicht, dass ein evolutionärer Prozess mittels einer kumulativen Selektion überhaupt nicht mit den extrem niedrigen Wahrscheinlichkeiten, die das Zustandekommen eines komplexen Objektes bestimmen, zurechtkommen muss. Die kumulative Selektion reduziert die Anzahl der Versuche zur Gestaltung eines solchen Objektes so dramatisch, dass es keinen Planer oder Designer braucht. Die Uhr kann somit durch einen evolutionären Prozess, der keiner Planung bedarf, entstanden sein. Dies vergleicht er mit einem blinden Uhrmacher.

Wie wir in früheren Kapiteln gesehen haben, können Dawkins Beispiele seines Weasel Algorithmus überzeugend den Effekt der kumulativen Selektion verdeutlichen.

Paleys Hypothese gilt deshalb in der öffentlichen Lehrmeinung als widerlegt und Dawkins Argumentation hat sich weitgehend durchgesetzt.

Aber Dawkins Position wird nicht von allen akzeptiert. Zu denjenigen, die sie kritisieren und die Diskussion versuchen auf eine wissenschaftliche Basis zu stellen, gehört unter anderem der Mathematiker und Theologe William Dembski. Dembski versucht eine Definition für ein Kriterium abzugeben, durch dessen Anwendung man erkennen kann, ob etwas zufällig in einem natürlichen Prozess entstanden ist, oder ob seine Form und Gestalt künstlich oder das Resultat einer Planung und eines Designs ist, dass von einer Intelligenz ausgeführt wurde.

Die Hypothese ist deshalb auch als Intelligentes Design oder häufiger unter dem englischen Begriff Intelligent Design bekannt. Viele Leser werden wahrscheinlich schon von der Intelligent Design Bewegung gehört haben und die meisten werden diese mit amerikanischen Sekten assoziieren, die den Kreationismus unter neuem Namen salonfähig machen wollen. Der oberste Gerichtshof der USA hat es nämlich abgelehnt, dass der Kreationismus als Alternative zu Darwins Evolutionstheorie an amerikanischen Schulen gelehrt werden soll. Man vermutet nun hinter Intelligent Design einfach einen Etikettenschwindel, der das Urteil unterlaufen soll. Zweifellos greifen religiöse Fundamentalisten und Kreationisten gern die Idee des Intelligent Design auf und verwenden sie für Ihre Zwecke. Homepages mit religiösem Hintergrund geben hierfür zahlreiche Beispiele ab.

Aber lassen Sie uns Intelligent Design deshalb nicht vorverurteilen, sondern sehen wir und Dembskis Argumentation und die seiner Kollegen einmal etwas genauer an.

Der Begriff Intelligent Design ist eigentlich viel älter als Dembskis Hypothese. Wahrscheinlich hat der Physiker Lord Kelvin den Begriff geprägt. Er war nämlich selbst davon überzeugt, dass die lebenden Organismen nur das Resultat einer intelligenten Planung sein könnten und sah darin den christlichen Gott als Urheber.

Aber kommen wir nun zu Dembskis Hypothesen. Dempski benutzt den Begriff „Spezifizierte Komplexität“. Das bedeutet, dass ein Objekt spezifiziert komplex ist, wenn es sowohl eine komplexe Form hat, zu deren Beschreibung eine große Menge an Information erforderlich ist und dass diese Form spezifiziert oder besser gesagt vorsezifiziert ist. Der Begriff selbst ist von dem Chemiker Leslie Orgel ursprünglich definiert worden, um belebte von unbelebter Materie unterscheiden zu können.

Wenn also William Paley einen sehr unregelmäßig geformten und gefärbten Stein findet, zu dessen Beschreibung eine große Menge an Information erforderlich ist, so ist dieses Objekt komplex. Spezifiziert ist es allerdings nicht, da wir ihn einfach so und zufällig gefunden haben. Eine andere Sache ist es jedoch wenn wir behaupten, dass es noch einen Stein geben muss, der genauso aussieht wie der, den wir gerade gefunden haben. Die Form des anderen Steines wäre dann durch unsere Behauptung spezifiziert und gleichzeitig komplex. Genauso wäre es, wenn man einen Stein finden würden, der so aussähe wie der Kopf von Elvis Presley. Wie ein solcher Stein auszusehen hätte, ist durch das Aussehen von Elvis Presley vorsezifiziert.

Dass ein Objekt wie diese Steine durch Zufall eine komplexe Form annehmen könnte, ist mit einer relativ hohen Wahrscheinlichkeit möglich, genauso wie die Wahrscheinlichkeit hoch ist, dass irgendjemand am nächsten Wochenende mit irgendwelchen sechs Zahlen sechs Richtige im Lotto hat. Wenn ich dagegen sechs Zahlen in einen Lottoschein eintrage und damit das Ergebnis der Ziehung vorsezifiziere, ist die Wahrscheinlichkeit sehr gering, dass ich damit nächste Woche der Gewinner der sechs Richtigen bin.

Dembski geht jetzt davon aus dass, wenn ein vorsezifiziertes Ereignis eintritt oder ein komplexes vorsezifiziertes Objekt gefunden wird, abhängig vom Komplexitätsgrad Wahrscheinlichkeiten erreicht werden, die die Grenzen des Zufalls deutlich überschreiten. Er selbst setzt diese Grenze bei  $10^{150}$  an, während wir in einem früheren Kapitel bereits eine Grenze für den Zufall bei  $10^{120}$  errechnet hatten. Dembskis Schluss ist nun: Wenn wir ein spezifiziertes komplexes Objekt entdecken, das diese Grenze überschreitet, so haben wir einen zuverlässigen Indikator dafür, dass bei der Entstehung des Objektes Planung und Design durch einen intelligenten Akteur beteiligt sein muss.

Aber auch diese Erklärung und Definition wird allgemein nicht anerkannt. So erklärt Richard Dawkins, dass ein evolutionärer Algorithmus eben nicht auf diese extremen Wahrscheinlichkeiten angewiesen ist, sondern mittels kumulativer Selektion einen wesentlich schnelleren und kürzeren Weg zum Ziel finden kann.

Natürlich ist auch dieses Argument nicht ganz wasserdicht. Offensichtlich gilt Darwins Mechanismus nur für biologische Prozesse und belebte Natur. Für physikalische oder geologische Prozesse mit unbelebter Materie kann er nicht funktionieren, da unbelebte Materie die Voraussetzungen für Darwins Algorithmus nicht erfüllt und sich z.B. nicht selbst reproduzieren kann.

Aber selbst bei biologischen Prozessen ist es zweifelhaft, ob die kumulative Selektion die Probleme mit dem enormen Tempo löst, das uns Dawkins verspricht. Man halte sich nur mal vor Augen, dass die Evolution unter Einsatz der kumulativen Selektion über eine Milliarde Jahre gebraucht hat, um von einzelligen Lebewesen ohne Zellkern zu einzelligen Lebewesen mit Zellkern zu kommen. Danach dauerte es wieder mehr als eine halbe Milliarde Jahre bis die Evolution mehrzellige Lebewesen hervorbrachte.

Dempski unternimmt einen weiteren Versuch nachzuweisen, dass spezifizierte Komplexität nicht durch einen evolutionären Algorithmus, bzw. Darwins Mechanismus ohne Beteiligung von Intelligenz produziert werden kann.

Hierzu greift er die so genannten „No Free Lunch Theoreme“ auf, die von David Wolpert und William Macready zunächst als Hypothese aufgestellt und dann mathematisch bewiesen wurden, was sie zu Theoremen macht.

Die NFL Theoreme besagen vereinfacht ausgedrückt etwa Folgendes:

Wenn man die Menge aller mathematisch durch Suchen lösbarer Probleme betrachtet, so sind alle hierzu angewandten Suchverfahren gleich gut oder gleich schlecht.

Das subjektiv ineffektivste Suchverfahren ist die sequentielle Suche, bei der man bei einem Objekt anfängt und dann nacheinander alle Objekte auf die gewünschten Suchmerkmale überprüft. Dies kann sehr viel Zeit in Anspruch nehmen, wenn man sich z.B. vorstellt, dass man in einer Bibliothek am ersten Regal und hier am ersten Buch anfängt und dann jedes Buch daraufhin untersucht, ob Harry Potter auf der Vorderseite steht.

Natürlich würde niemand so suchen, wenn es eine bessere Möglichkeit gibt. Wenn man die zusätzliche Information erhält, dass die Bücher nach Fachgebieten und innerhalb der Fachgebiete nach Autoren geordnet sind, kann man alle Harry Potter Bücher in wenigen

Minuten ausfindig machen. Allerdings kann man sich vorstellen, dass es mindestens genauso viel Zeit gekostet hat, die Bücher zu sortieren.

Suchverfahren, die schneller als die sequentielle Suche sind, benutzen also zusätzliche Information, die aber auch zunächst erzeugt werden muss. Irgendjemand muss die Bibliothek sortiert haben. Die Information muss anschließend an den Suchenden weitergegeben werden. Jedes Suchverfahren das schneller als die sequentielle Suche wäre, müsste deshalb zusätzliche Information für die Suche verwenden. Dies war offensichtlich genau der Fall bei unseren Weasel Algorithmen. Die Programme besitzen die Information, wie der Zielsatz aussehen muss und können damit bewerten, ob eine zufällige Variation näher dran ist oder nicht. Mit dieser zusätzlichen Information ist das Weasel dann erheblich schneller als ein Algorithmus der ohne solche Information auskommen muss.

An dieser Stelle tritt nun William Dembski mit einer neuen Hypothese ins Rampenlicht. Dembski behauptet, dass eine zufällige Variation einzig und allein dazu geeignet ist, bereits vorhandene Information umzumischen und neu zu arrangieren. Neue Information kann jedoch auf diese Art und Weise nicht produziert werden. Jede Art von bisher nicht bekannter Information, die durch zufällige Variation in einem geschlossenen System exponiert wird, war von Anfang an in diesem System vorhanden oder sie ist zu irgend einem Zeitpunkt, zu dem das System nicht geschlossen war, von außen hereingelangt.

Dembski präsentiert unterschiedliche mathematische Beweise, die aus den NFL Theoremen oder auf mathematischen Lehrsätzen zur Kolmogorow Komplexität aufbauen. Dabei formuliert und beweist er einen weiteren mathematischen Lehrsatz, den er das Gesetz zur Bewahrung von Information, Law of Conservation of Information, LCI nennt. Der Lehrsatz besagt, dass, ein spezifizierter Komplexitätsgrad in einem geschlossenen System bei Einfluss von natürlichen Ursachen entweder konstant bleibt oder abnimmt. Spezifizierte Komplexität kann nicht spontan, durch die dem System eigenen Kräfte oder durch Selbstorganisation entstehen. Spezifiziert Komplexität in einem geschlossenen System ist von Anfang an vorhanden gewesen oder von außen zugeführt worden, wobei das System zu diesem Zeitpunkt nicht geschlossen war.

Dembski hat eine ganze Reihe von Aufsätzen und detaillierten Beweisen hierzu geschrieben, auf die ich aber nicht näher eingehen möchte, da sie sich häufig auf dem Niveau eines Mathematikers bewegen.

Sollte Dembski auf diese Weise tatsächlich die Richtigkeit seiner Hypothese bewiesen haben, so hätte dies offensichtlich ernsthafte Konsequenzen für die offizielle Lehrmeinung: Darwins Mechanismus würde seiner kreativen Komponente beraubt, und Dawkins

kumulative Selektion würde ohne Intelligenz die mittels einer Fitnessfunktion in einen Evolutionären Algorithmus Zugang findet, auch nicht besonders gut funktionieren. Ohne Planung, Design oder den direkten Eingriff einer Intelligenz hätte die Entwicklung des Lebens unmöglich den heutigen Stand erreichen können.

Damit muss Dembski zwangsläufig auf den Widerstand der Vertreter der offiziellen Paradigmen stoßen. Man versucht die Beweisführung für NFL und LCI zu falsifizieren, was aber rein mathematisch nicht gelingt. Deshalb zieht man eine Reihe anderer Register, um die geltende Lehre zu verteidigen.

Ein besonders ungeeigneter Weg ist es, Dembski mit religiösen Fundamentalisten und Kreationisten über einen Kamm zu scheren, da diese gern Dembskis Argumente aufgreifen. Ein Gegenbeweis von Dembskis Hypothese ist das aber keinesfalls.

Wer sich auf mehr seriösem Boden bewegt, benutzt dann ein gängiges Argument das häufig greift, wenn einem der Gegenbeweis nicht gelingt. Man stellt ganz einfach die Voraussetzungen, von denen ein Beweis ausgeht, in Frage.

Für den konkreten Fall bedeutet das, dass man behauptet, dass die NFL Theoreme und das LCI Gesetz auf die Evolution gar nicht anwendbar sind. Darwins Mechanismus und Dawkins Kumulative Selektion sind danach gar keine Suchalgorithmen, da sie kein Ziel kennen, wie es für eine Suche erforderlich sei.

Es handele sich hierbei eher um Vermeidungsstrategien, die eine Abweichung der Lösungen aus der zulässigen Menge des Organisationsraumes verhindern. Wie wir in früheren Kapiteln sehen konnten, trifft das genau dann zu, wenn ein evolutionärer Algorithmus aufgrund seiner negativen Rückkopplung ein Gleichgewicht erreicht, bei dem die Anzahl der positiven und negativen Variationen sich die Waage halten. Dann ist es kaum noch möglich, dass irgend eine Serie von Variationen ein Objekt oder besser gesagt einen Organismus produzieren kann, der vom evolutionären Standpunkt aus gesehen einem anderen im so genannten Kampf ums Dasein überlegen ist und diesen dadurch verdrängen kann. Sobald aber durch irgendein Ereignis die Spielregeln verändert werden, erhält die Evolution eine neue Richtung, da das Gleichgewicht gestört wurde. Die Entwicklung strebt nun einer anderen Lösungsmenge im Organisationsraum zu. Um jedoch die Richtung zu finden ist es nun erforderlich die neuen Spielregeln zu verinnerlichen. Das geschieht dadurch, dass neue Variationen von Organismen auftauchen, die vorher nicht zur Lösungsmenge gehörten und die mit den existierenden Organismen um den Lebensraum konkurrieren. Nun ist es aber nicht einfach so, dass für jede Anzahl von Individuen einer neuen Art die gleiche Anzahl einer vorhandenen Art verschwinden muss. Wer im Falle eines

begrenzten Lebensraumes verschwinden muss und wer die freiwerdenden Plätze übernehmen darf, darauf gibt Darwin eine klare Antwort: Die besser angepassten Individuen erhalten nach den Spielregeln einen Vorteil bei der Chance sich reproduzieren zu dürfen.

Damit haben wir es offensichtlich für den Fall, dass sich der evolutionäre Prozess nach Änderung der Spielregeln nicht im Gleichgewicht befindet, mit einem weiteren Kriterium „besser oder schlechter angepasst“ neben „überlebensfähig oder nicht“ zu tun.

„Besser“ gibt jedoch deutlich eine Richtung vor, wo die neue Lösungsmenge im Organisationsraum zu finden ist. Damit haben wir es eindeutig mit einem Suchverfahren innerhalb des evolutionären Prozesses zu tun, für den die NFL Theoreme gelten müssen. Umgekehrt findet bei Erreichen des Gleichgewichtes keine kumulative Selektion mehr statt und das Kriterium besser oder schlechter angepasst verschwindet wieder zu Gunsten von überlebensfähig oder nicht.

Dass man das Ziel nicht kennt, ist kein Argument dafür, dass es sich nicht um ein Suchverfahren handelt. Wenn man in einer Bibliothek das dickste Buch suchen soll, weiß man auch nicht welches es ist. Man kann es aber finden, indem man das Dickste in der Hand behält und gegen ein anderes austauscht, sobald man ein noch Dickeres gefunden hat, während man sequentiell die Regale durchsucht. Das einzige Problem dabei ist, dass man niemals weiß, ob man das dickste Buch bereits in der Hand hält, bevor man die gesamte Bibliothek durchsucht hat. Das NFL Theorem würde es jedoch zulassen, dass die Bücher vor der Suche nach Dicke sortiert würden, was dann zu erheblich schnelleren Ergebnissen für den Suchenden führen könnte, vorausgesetzt, dass er diese zusätzliche Information über diese spezielle Sortierreihenfolge erhält.

Der Einwand, dass die NFL Theoreme nicht für evolutionäre Prozesse anwendbar sind, bringt sich damit selbst in die Zwickmühle. Entweder er ist unberechtigt und die Anwendung des NFL Theorems auf einen evolutionären Prozess ist zulässig, oder er ist berechtigt und das NFL Theorem ist nicht anwendbar. Dann aber funktioniert die kumulative Selektion nicht, und es findet keine evolutionäre Entwicklung im Bereich der aktuellen Lösungen statt.

Wir wollen diesen Gedanken an dieser Stelle gar nicht weiter verfolgen, und es ist auch nicht der Sinn dieses Buches, für die eine oder andere Seite zu plädieren und Position zu beziehen. Halten wir aber fest, dass keine der beiden Seiten durch die Argumente der anderen Seite als widerlegt ausgeschlossen werden kann. Erst der Ausschluss einer Alternative hat durchgreifende Konsequenzen bei der Weiterentwicklung von Erklärungsmodellen, besonders aber dann, wenn er unberechtigt sein sollte.

Aber Dembski ist nicht der einzige, der der Ansicht ist, dass man aus der Komplexität eines Objektes oder eines Organismus schließen kann, ob es auf natürliche Weise entstanden ist, oder ob es durch Planung und Design unter Beteiligung einer Intelligenz seine Gestalt und Form erhalten hat.

Der Biochemiker Michael Behe hat einen weiteren Begriff von Komplexität definiert, der den Schluss auf die Beteiligung von Intelligenz erlauben soll. Er prägte den Begriff „irreduzibel komplex“.

Hierunter versteht er Folgendes: Darwin hatte gefordert, dass die Evolution graduell also Schritt für Schritt voranschreitet. Eine Verbesserung baut generell auf einer vorangegangenen kleinen Verbesserung auf. Genau das sagt eigentlich auch Dawkins kumulative Selektion aus, bei der kleine Verbesserungen schrittweise zu großen Verbesserungen kumuliert werden. Behe stellt nun die Hypothese auf, dass es komplexe Gebilde gibt, die nicht aus einer Serie kleiner Verbesserungen hervorgegangen sein können. Erst nachdem sämtliche Einzelteile am Platz sind, ist eine Funktionsweise möglich, die eine Verbesserung oder einen evolutionären Fortschritt zur Folge hat.

Hierzu hat er ein einfaches Beispiel parat: Die Mausefalle. Diese besteht aus fünf Teilen, einer Holzplatte, einer Feder, einem Schlagbügel, einem Haltebügel und einem Köderhalter.

Erst wenn alle Komponenten am Platz und korrekt eingebaut sind, erfüllt diese Konstruktion ihren Zweck, Mäuse zu fangen und kann sich auf dem Markt behaupten. Wenn nur ein einziges Teil, egal welches, fehlt ist die Konstruktion wertlos und würde sofort aus den Regalen der Kaufhäuser verschwinden.

Damit wäre die Mausefalle nach Behes Definition irreduzibel komplex und könnte niemals durch einen evolutionären Prozess entstanden sein.

Behe kann hierzu Darwin selbst als Zeugen aufrufen. Darwin hat in seinem Buch „Die Entstehung der Arten“ im Zusammenhang mit der graduellen Entwicklung der Organismen folgendes Kriterium zur Falsifizierung seiner Hypothese angegeben:

„Ließe sich die Existenz eines Organs nachweisen, dass nicht durch zahlreiche aufeinander folgende geringe Abänderungen entstehen könnte, so müsste meine Theorie unbedingt zusammenbrechen.“

Nun ist eine Mausefalle kein Organ, aber sobald Behe sich in sein Fachgebiet die Biochemie begibt und biologische statt technische Beispiele anführt, muss er mit erheblichem Widerspruch der Vertreter der offiziellen Lehrmeinung rechnen.



In seinem Buch „Darwins Black Box“ bringt er eine ganze Reihe von Beispielen für biologische Organe und Komponenten eines Organismus, die nach seiner Definition als irreversibel komplex angesehen werden können. So erklärt er z.B. dass die Geißel, mit der sich eine Bakterie bewegen kann, eine Art biologischen Motor besitzt, der aus 30 Proteinen zusammengesetzt ist, die dafür erforderlich sind, die Geißelbewegungen auszuführen. Es sind alle 30 Proteine erforderlich, damit der Motor funktionieren kann. Wenn auch nur ein einziges beliebig ausgewähltes Protein fehlt, ist die Geißel bewegungsunfähig und erfüllt damit keine Funktion. Durch Entfernen einzelner Proteine lässt sich dieser Sachverhalt auf einfache Weise experimentell bestätigen. Neben solchen sehr einfachen Beispielen gibt Behe auch sehr komplexe Beispiele, bei denen es gerade der hohe Komplexitätsgrad ist, der sie irreversibel komplex macht. So führt er den Gerinnungsmechanismus des Blutes als Beispiel an. Das Faszinierende an diesem Mechanismus ist, dass er sich aus einer ganzen Serie komplexer Mechanismen zusammensetzt, die wie Dominosteine alle in einer bestimmten Reihenfolge und Richtung fallen müssen, damit der letzte Stein dann beim Fallen ein spektakuläres Ereignis bzw. das Gerinnen des Blutes auslöst. Ich möchte darauf verzichten, Behes Beschreibung des Blutgerinnungsmechanismus hier wiederzugeben. Es ist mir sicher bereits gelungen, den Leser mit der detaillierten Beschreibung der Handykommunikation zu nerven, die aber eben nur auf diese Weise den speziellen Komplexitätsgrad eines auf dem Design der Ingenieurwissenschaften beruhenden Prozesses klarmachen kann. Wer es dennoch nachlesen möchte, dem kann ich eine noch interessantere, komplexere und detaillierte Prozessanalyse bei Behe versprechen. Das Ganze könnte man auf den ersten Blick gesehen doch wesentlich einfacher haben. Aber ich möchte hier lieber die Reaktion der Vertreter der Lehrmeinung wiedergeben.

Es gibt im Prinzip zwei unterschiedliche Reaktionen. Die eine lehnt die Hypothese als unwissenschaftlich ab, indem man behauptet, dass die Voraussetzungen hierfür unwissenschaftlich sind. Die andere Reaktion besteht in dem Versuch graduelle schrittweise Prozesse zu konstruieren, bei denen dann trotzdem das gleiche Objekt entstehen kann, wodurch es nicht als irreduzibel komplex angesehen werden muss. So erklärt Richard Dawkins, dass ein Torbogen, der aus einer Reihe trapezförmig geschnittener Steine besteht, als irreduzibel komplex erscheint, da er erst zusammenhält nachdem der Schlussstein an seinen Platz gebracht wird. Zwischenstufen müssten unmittelbar zusammenbrechen. Dann aber argumentiert er, dass ja in Wirklichkeit auch zunächst ein Baugerüst aufgebaut wird, über das die Steine einer nach dem anderen gelegt werden. Wenn der Schlussstein sitzt, kann das Baugerüst in einem weiteren graduellen Schritt entfernt werden. Damit ist nach

seiner Meinung der Torbogen nicht irreduzibel komplex und er stellt den gesamten Begriff der irreduziblen Komplexität in Frage.

Ein Baugerüst ohne Funktion hat keinen Vorteil und sollte normalerweise der natürlichen Selektion zum Opfer fallen, wenn andere Objekte sinnvollere zufällige Variationen erhalten. Damit dies nicht der Fall zu sein braucht, ist es erforderlich dass der evolutionäre Prozess das Gleichgewicht, bei dem positive und negative Variationen sich die Waage halten, erreicht hat. Dann sind alle zulässigen Lösungen des Organisationsraumes gleichwertig und ein Baugerüst, das zwar keine sinnvolle jedoch auch keine negative Variation darstellt, kann entstehen. Wir müssen uns jetzt aber im Klaren sein, dass die kumulative Selektion in dieser Situation nicht greift. Der Baumeister des Gerüsts ist in diesem Fall nicht das Weasel mit der kumulativen Selektion als Werkzeug sondern der ewig tippende Affe der allein den Zufall als Werkzeug hat.

Die Konsequenz hieraus ist, dass das Baugerüst relativ einfacher Natur sein muss, damit der Affe eine Chance hat es in einem begrenzten Zeitraum fertig zu stellen.

Wir wollen uns an dieser Stelle aus der Diskussion um die irreduzible Komplexität zurückziehen mit dem Resultat, dass irreduzible Komplexität denkbar ist, aber nicht alles, was irreduzibel komplex aussieht, auch irreduzibel komplex sein muss.

Gehen wir vom logischen Standpunkt einfach davon aus, dass Behes Hypothese weder vollständig bewiesen noch falsifiziert ist. Das ist für die weitere Argumentation völlig ausreichend.

Aber es gibt noch einen weiteren Indikator dafür, dass ein Organismus nicht allein durch Darwins Mechanismus entstanden sein kann. Dies wäre ein Organismus, der existiert und überlebt, aber sich nicht an die Spielregeln des Lebens und der Umwelt hält.

Wenn Sie aus dem Tomatensamen einiger beliebter Sorten Tomaten anbauen und ernten, könnten Sie auf die Idee kommen, sich den teuren Samen selbst zu beschaffen, indem sie die Kerne der Tomaten für das nächste Jahr aufheben. Das ist nichts Ungewöhnliches, denn viele Tomatenbauern in den südlichen Ländern, handhaben das genau so. In vielen Fällen werden Sie jedoch eine große Enttäuschung erleben, weil die nächste Generation Tomaten überhaupt nichts mehr mit der Sorte, die Sie im letzten Jahr angebaut haben, zu tun hat. Stattdessen erhalten Sie nur ein paar wenige Tomaten, die oft nicht einmal die Größe von Kirschen erreichen. Was ist geschehen? Die Tomatensorte „Gartenfeuer“ oder wie sie sonst blumig genannt wird, ist eine künstliche Kreuzung. Auf den Samentüten finden Sie die Bezeichnung F1 Hybride. Die darauffolgenden Generationen degenerieren unmittelbar und haben mit der gekauften Sorte nichts zu tun.

Es gibt noch eine Menge anderer Beispiele. Nehmen wir ein Englische Bulldogge. Diese Hunderasse ist weltweit bekannt und existierte bereits zu Darwins Zeit. Ein Problem mit dieser Rasse ist es, dass sie nicht mehr in der Lage ist, ohne Kaiserschnitt Nachwuchs zu bekommen, was sie ohne die Hilfe des Menschen schnell zum Opfer der natürlichen Selektion machen würde. Aber selbst wir Menschen können als Beispiel herhalten. Es gibt viele Menschen, die Krankheiten, wie Diabetes oder Herzfehler haben, sich aber trotzdem des Lebens erfreuen. Die natürliche Selektion würde, wenn man es ganz pragmatisch ausdrückt, diesen Nachteil mit der Zeit eliminieren. Der Mensch ist aber dank seiner Intelligenz in der Lage, die Spielregeln der Evolution für sich zu verändern, indem er Medizin nimmt oder sich einen Herzschrittmacher einsetzen lässt.

Wenn Naturwissenschaftler die Rolle der Intelligenz leugnen, so mag das in dem von ihnen selbst definierten und eingeschränkten Lösungsbereich, für das was sie Naturwissenschaften nennen, möglicherweise gelten. Nimmt man die Ingenieurwissenschaften und Geisteswissenschaften hinzu, so wird dies immer schwieriger. In diesen Bereichen ist es ganz normal, Intelligenz als wissenschaftlichen Faktor einzuplanen. Wenn Evolutionsbiologen aufgrund der von ihnen entdeckten kumulativen Selektion, daraus den Schluss ziehen, dass es in ihrem Fachbereich keiner Intelligenz bedarf, so ist das eine Sache. Daraus den Schluss zu ziehen, dass dies auch außerhalb der von ihnen eng gezogenen Grenzen gilt, ist jedoch merkwürdig. Eine Uhr ist das Produkt der Ingenieurwissenschaft. Es ist ein totes lebloses Objekt, das die Voraussetzungen für Leben nur in wenigen Ansätzen erfüllt, und damit offensichtlich nicht durch einen evolutionären Prozess ohne Intelligenz entstanden sein kann. Kumulative Selektion allein funktioniert hier nicht!

Die Chance, dass es dann immer noch durch Zufall entstanden sein könnte, ist extrem gering oder liegt für viele nicht biologische Objekte jenseits der Grenzen des Zufalls. Wer jetzt immer noch behauptet, dass solche Objekte nicht unter Zuhilfenahme Intelligenz entstanden wären, hat damit keinesfalls die besseren Argumente oder eine leichter beweisbare Hypothese.

Wie wir in früheren Kapiteln bereits sehen konnten, bringt eine vom Verstand durchgeführte Analyse nicht unbedingt bessere Resultate, als eine gefühlsmäßige gefällte Entscheidung. Irgendwie kann doch jeder, ohne sich groß Gedanken zu machen, aus einer Menge von Objekten wie Fahrrad, Kartoffel, Sonnenblume, Stein, Schneeflocke, Steinpilz, Löwenzahnblatt, Ipod, Handy, Reh sofort diejenigen identifizieren, die das Ergebnis der Ingenieurskunst sind und diejenigen, die aufgrund natürlicher Prozesse entstanden sind. Natürlich gibt es Grenzbereiche in denen man sich irren könnte, z.B. dann wenn die Kartoffel

durch Manipulation ein Gen erhalten hätte, dass sie frostbeständig macht oder der Stein von einem Bildhauer seine Form erhalten hätte, die einer natürlichen Form auf das Verwechseln ähnlich ist. Daraus aber den Schluss zu ziehen, dass es grundsätzlich nicht möglich sei, den Einfluss von Intelligenz zu erkennen, ist vom logischen Standpunkt nicht zulässig.

Die Hypothesen von spezifizierter Komplexität oder irreversibler Komplexität sind damit keineswegs falsifiziert. Wenn man also im Weltall nach Spuren von Intelligenz suchen darf, ohne dabei bereits im Ansatz als unwissenschaftlich verurteilt zu werden, so muss es zulässig sein, mit den gleichen Mitteln auch auf der Erde danach zu suchen und man darf nicht gezwungen werden, vor den lebenden Organismen Halt zu machen.

### *Das Resultat einer Analyse*

Wir wollen an dieser Stelle die Diskussion und Analyse der unterschiedlichsten Faktoren und Wege der Evolution beenden und uns nun der Zusammenfassung der hieraus abzuleitenden Erkenntnissen widmen. Ein Phänomen, das mir auf dem Weg hierher auffiel, verdient auf jeden Fall wenigstens noch ein eigenes Kapitel, bevor wir das eigentliche Resultat zusammenfassen.

### *Der unsinnige Kampf um die Exklusivrechte*

Nachdem wir nun eine Vielzahl von Wegen kennengelernt haben, auf denen die Informationen fließen können, die die Möglichkeit haben, auf einen evolutionären Prozess in unterschiedlicher Form Einfluss zu nehmen, sollte man sich die Frage stellen, warum nur ein Bruchteil davon in die gängigen Erklärungsmodelle der Evolution eingeht. Die Ursache hierfür findet sich häufig gar nicht im wissenschaftlichen Bereich. Ja die Art und Weise, wie die Diskussion geführt wird, erschien mir so ungewöhnlich und merkwürdig, dass ich mich bei der Arbeit an diesem Buch entschloss, zunächst ein eigenes Buch nur zu diesen Thema herauszubringen. Mein Buch „Evolution aus Sicht eines Vulkaniers“ schildert auf deutliche Weise, wer die an der Diskussion beteiligten Parteien sind, und wie sie miteinander umgehen, aus dem Wege gehen, sich verleumden oder sich nicht ernst nehmen. Das ganze ist als Roman verfasst, was die Diskussion besonders deutlich macht.

Die eigentliche Ursache scheint mir Folgendes zu sein. Wer ein gutes Erklärungsmodell für einen gewissen Bereich entwickelt hat, das allgemein Anerkennung findet, versucht mehr und mehr oder am besten gleich alles damit zu erklären. Man ist nicht mehr bereit, andere Erklärungsmodelle zum gleichen Sachverhalt neben seinem eigenen gelten zu lassen. Mit

konkurrierenden Modellen setzt man sich deshalb häufig gar nicht auf wissenschaftlicher Basis in detailliertem Umfang auseinander, sondern man verteidigt seine Exklusivrechte und beginnt den „Gegner“ zu bekämpfen. Hierbei verzichtet man gern auf die Regeln der Logik. Wenn meine Hypothese sich als richtig erwiesen hat, muss die andere Hypothese falsch sein. Vom logischen Standpunkt wäre dieses Argument nur korrekt, wenn die andere Hypothese die Negation meiner eigenen Hypothese wäre.

Wenn man sich auf das Niveau der Prädikatenlogik begibt, sind die logischen Fehlschlüsse noch häufiger. Prädikatenlogik macht Aussagen über entweder alle angesprochenen Objekte, d.h. sie generalisiert oder verallgemeinert, oder sie macht Aussagen über die Existenz eines Objektes. Während es nun relativ leicht ist, eine verallgemeinernde Hypothese dadurch zu widerlegen, dass man ein einziges Objekt findet, für das die Hypothese nicht gilt, muss man bei einer Hypothese die die Existenz eines Objektes fordert, beweisen, dass die Hypothese für alle angesprochenen Objekte falsch ist. Das ist offensichtlich sehr aufwendig und schwierig.

Wenn Darwin also schreibt, dass seine gesamte Hypothese zur Evolution fällt, wenn auch nur ein einziges Organ gefunden würde, das sich nicht graduell in kleinen Schritten entwickelt hat, so ist das vom logischen Standpunkt nicht korrekt. Darwins Erklärungsmodell würde dadurch nicht falsch, sondern es würde nur seine Exklusivrechte verlieren, und müsste für gewisse biologische Objekte ein anderes Erklärungsmodell neben sich zulassen.

Das Gleiche gilt für die umgekehrte Aussage. Wenn Michael Behe die Existenz von Objekten fordert, die seiner Definition von irreduzibler Komplexität entsprechen, so reicht es keinesfalls aus, wenn Dawkins erklärt, wie ein Torbogen mittels später entferntem Baugerüst als nicht irreduzibel komplex angesehen werden muss oder wenn jemand eine Entwicklungsgeschichte der Mausefalle erfindet, die aus mehreren evolutionären Teilschritten zum Endprodukt gelangt, wobei jedes Teilprodukt eine Funktion hatte, die es sinnvoll machte.

Die bewusste oder unbewusste Fehlinterpretation von Logik wird dann bei der Verteidigung der Exklusivrechte dahingehend benutzt, dass man die gegnerische Hypothese gern als falsifiziert bzw. als vollständig widerlegt bezeichnet, was dann zumindest von den eigenen Anhängern unkritisch übernommen und weiterverbreitet wird.

Eine andere Art und Weise einer Diskussion aus dem Weg zu gehen ist es, den zulässigen Bereich der erlaubten Lösungen soweit zu beschränken, dass die eigene Hypothese hineinpasst und anderen Hypothesen die Grenzen überschreiten. Wenn man immaterielle Größen wie Geist oder Information von vorn herein ausschließt, kann man Hypothesen, die

sich darauf beziehen, leicht als „unwissenschaftlich“ abstempeln und mit diesem Argument einer ernsthaften Diskussion ausweichen. Das gilt dann ebenfalls für ein weiteres Niveau, bei dem Intelligenz oder Bereiche der Ingenieurwissenschaften in die gegnerische Hypothese miteinbezogen werden.

Eine leider gern praktizierte Methode ist es, der Diskussion einer Gegenhypothese auszuweichen, indem man, wie bereits angesprochen, den Andersdenkenden mit einer ganzen Gruppe von Andersdenkenden assoziiert und dann diese Gruppe allgemein attackiert, statt sich mit der anderslautenden Hypothese auseinanderzusetzen. Wer eine Hypothese aufstellt, in der in irgendeiner Form Intelligenz, selbst wenn es nur die Intelligenz des Individuums selbst handelt, aufstellt gerät oft sofort in den Verdacht, ein göttliches Wesen als Urheber rechtfertigen zu wollen. Man muss sich dann eine ganze Sammlung von Schandtaten der Religionen anhören und wie viel besser die Welt wohl wäre, wenn es die Religion und auch die in Frage kommende Gegenhypothese nicht gäbe.

Qualifizierte Wissenschaftler investieren Zeit und Arbeit, um Bücher und Zeitungsartikel zu publizieren, die sich mit dem Thema Religion auseinandersetzen. Tatsächlich hat die Religion zum Ende des Mittelalters ihre dominierende Position verloren. Wäre sie jedoch durch die Wissenschaft widerlegt und endgültig als Verlierer der Diskussion ermittelt, so könnte man sie als Wissenschaftler eigentlich einfach ignorieren. Religion hält sich aber hartnäckig. 50 Jahre Kommunismus in der Sowjetunion haben sie selbst mit Gewalt nicht ausrotten können. Nach dem Fall des Kommunismus war sie schnell wieder zur Stelle.

Eine materialistisch orientierte Gesellschaft sucht jedoch manchmal ihre Bestätigung im Atheismus und nimmt die Wissenschaft als Rechtfertigung dafür. Man könnte sagen, dass der Atheismus die Wissenschaft zu seinem Evangelium gemacht hat, und das in vielen Fällen gegen den Willen der Wissenschaftler. Manche Wissenschaftler gefallen sich jedoch in der Rolle eines Propheten des Atheismus. Das verschafft ihnen zusätzliche Popularität und dient dem Erhalt ihrer Exklusivrechte an der offiziellen Lehrmeinung.

Genau diese Einstellung hat den einst sehenden Uhrmacher erblinden lassen. Der nun blinde Uhrmacher kann nicht mehr hinter die von ihm selbst errichteten Zäune und Barrieren sehen, die die anderen Ansichten und Hypothesen ausgrenzen. Aber auch innerhalb dieser Grenzen bewegt er sich wie ein Blinder auf immer denselben erprobten und bekannten Wegen, auf denen er sich sicher fühlen kann. Davon auch nur einen Schritt abzuweichen, kann dazu führen, dass er mit einem ihm unbekanntem Objekt kollidiert oder darüber fällt. Selbst für ihn passierbare Wege nimmt er nicht zur Kenntnis, vermeidet sie und kann auf

diese Weise nicht zu neuen Erkenntnissen gelangen, die sich an diesen vorgeborgenen Wegen finden lassen.

Wir aber haben auf dem Weg hierher eine ganze Reihe verdeckter Pfade beschriftet und eine Vielzahl von Einflussfaktoren, Objekten, Prozessen und Merkwürdigkeiten gesehen, die auf den bekannten Wegen nicht oder nur schwer zu entdecken waren. Mit diesem auf den Seitenwegen gefundenen Wissen wollen wir nun das Ergebnis einer Analyse zusammenfassen und versuchen hieraus Erkenntnisse, Ideen oder Hypothesen zu skizzieren, die uns auf neuen Wegen möglicherweise einen Schritt weiterbringen. Dies birgt die große Gefahr in sich, dass die Exklusivrechte am Resultat unter mehreren Hypothesen unterschiedlicher Herkunft, aufgeteilt werden müssen.

### *Neue Wege*

Wenn wir den Kampf um die Exklusivrechte hinter uns gelassen haben, können wir mit den Informationen, die wir auf den bekannten und verdeckten Wegen der Evolution gefunden haben, daran gehen, die Ergebnisse für ein neues oder erweitertes Erklärungsmodell zusammenzufassen. Dabei können alle Hypothesen, egal woher sie kommen, geprüft werden und gegebenenfalls in das Modell eingehen.

Selbstverständlich sollen dabei die Naturgesetze eingehalten werden, und es werden auch keine unbekannteren Kräfte bemüht. Es wird jedoch eine bisher weniger verwendete neue Größe, Information, in das Erklärungsmodell mit einbezogen, welche Erklärungen erheblich erleichtern und Sachverhalte verständlicher machen kann. Was wir weiter im Laufe der Modellbildung tun werden, ist eine Erweiterung des zulässigen Bereiches der Lösungen, so dass die Bereiche der Ingenieurwissenschaften oder der Geisteswissenschaften nicht von vorn herein ausgeschlossen werden und so zu einem besseren Erklärungsmodell beitragen können. Damit sind weitere immaterielle Begriffe wie Intelligenz oder Geist für die Modellbildung zulässig und können einen Beitrag zum besseren Verständnis liefern.

Aber halten wir uns zunächst für unser erweitertes Erklärungsmodell in dem begrenzten naturwissenschaftlichen Rahmen, der für die geltenden Paradigmen abgesteckt ist. Bereits hier konnten wir auf den verdeckten Wegen Entdeckungen machen, die zu einem besseren Verständnis beitragen können.

Auch in einem neuen Erklärungsmodell bildet Darwins Lehre das zentrale Gerüst, um das herum weitergebaut werden kann. Der zentrale Gedanke der Evolution, dass die Lebewesen, ihre Arten und Rassen von Lebewesen abstammen, die vor ihnen gelebt haben,

steht auf solidem Boden. Den zweiten Teil, Darwins Mechanismus der zufälligen Variation und natürlichen Selektion, können wir für weite Bereiche übernehmen, wobei jedoch konstatiert werden muss, dass er nicht universell und besonders nicht exklusiv angewendet werden darf. Ganz offensichtlich gilt Darwins Evolutionslehre grundsätzlich nur für Lebewesen. Das erscheint zwar trivial, wird aber häufig schlicht übersehen.

Wer mit dieser Evolutionslehre auch die Entstehung des Lebens erklären möchte, was gern getan wird, vergisst, dass unbelebte Materie sich nicht selbst reproduziert, sodass Darwins Mechanismus für sie nicht anwendbar ist.

Aber auch im Bereich der lebenden Organismen weckt dieser Mechanismus eine Reihe von Fragen, zu denen wir auf den diskutierten verdeckten Wegen der Evolution alternative und vielleicht sogar bessere Antworten finden können.

Eine zentrale Frage, die gestellt werden muss, ist: Was ist eigentlich „natürliche Selektion“? Selektion ist eigentlich eine Wahl, die getroffen wird, wobei man gewisse Objekte mit einer besonderen Eigenschaft auswählt. Eine solche Selektion ist jedoch normalerweise immer ein intellektueller Vorgang, bei dem die Ordnung erhöht wird. Ein Prozess der mittels Intelligenz eine Ordnung produziert, ist per Definition künstlich und nicht natürlich. Natürliche Selektion wäre damit ein Prozess der ohne Beteiligung von Intelligenz eine Ordnung produziert. Man könnte sich zum Beispiel ein Sieb vorstellen, das ohne die Anwesenheit einer Intelligenz gewisse Objekte selektiert. Natürliche Selektion muss also ein Maß für die Selektion wie „größer oder kleiner“, „besser oder schlechter angepasst“ verwenden.

Wir haben bereits die Diskussion zu dieser Problematik kennengelernt und wollen es uns an dieser Stelle ersparen, die Argumente nochmals gegeneinander abzuwägen. Was aber aus dieser Diskussion übrig bleibt, reduziert sich zu der Frage, ob ein natürlicher evolutionärer Prozess eine höhere Ordnung erstellen kann bzw. ob er neue Information produzieren kann. Der Beantwortung dieser Frage wird gern ausgewichen, indem man sie als irrelevant abstempelt, mit dem Argument, dass die Evolution keine Richtung und kein Ziel kennt.

Genau an dieser Stelle sind wir aber nun in der Lage, dem Erklärungsmodell eine signifikante Verbesserung zukommen zu lassen. Wir haben im Laufe der Analyse erkannt, dass es einerseits Phasen eines evolutionären Prozesses gibt, bei dem dieser ohne Richtung und Ziel arbeitet und nur eine Art Vermeidungsstrategie zur Eliminierung der Untauglichen verfolgt. Dies war genau der Zustand, an dem sich der evolutionäre Prozess im Gleichgewicht befindet, also genau dann, wenn sich positive und negative Variationen die Waage halten. Alle lebensfähigen Variationen sind dann zwar möglicherweise



unterschiedlich, aber im Prinzip gleichwertig , sodass kein Maß für die Schaffung einer Ordnung unter diesen gleichberechtigten Variationen existiert. Offensichtlich kann man keine Richtung auf ein Ziel angeben, wenn man bereits auf dem Ziel steht.

Andererseits haben wir aber auch Phasen erkannt, bei denen der evolutionäre Prozess in Bewegung gerät und sich in Richtung einer neuen Lösungsmenge im Organisationsraum bewegt. Das ist genau dann der Fall, wenn das Gleichgewicht gestört wird bzw. die Spielregeln geändert werden, wie wir es ausgedrückt haben. Ein evolutionärer Prozess ist sehr wohl in der Lage sich in Richtung der neuen Lösungsmenge zu bewegen. Maßstäbe wie mehr oder weniger kälterestistent oder mehr oder weniger in der Lage, eine neue Nahrungsquelle zu verwerten, bestimmen dann die Fahrtrichtung des Prozesses.

Es ist sehr wichtig, diese zwei Phasen bei der Evolution zu unterscheiden. Wenn das, wie es normalerweise heute geschieht, nicht der Fall ist, so landen wir in der merkwürdigen Situation, dass eine Hypothese die auf die eine Phase zutrifft, mit Argumenten, die für die andere Phase gelten, widerlegt oder wenigstens ausgehebelt werden kann. Da man nach den Gesetzen der Logik aus etwas Falschem immer einen logisch richtigen Schluss ziehen kann, kommt man in dieser Situation kaum zu neuen Erkenntnissen.

Stellen wir also eine Reihe neuer Hypothesen auf:

- \* Die Evolution kennt sowohl Phasen des Gleichgewichts, in denen sie sich nicht bewegt, als auch Phasen der Bewegung.
- \* In Phasen des Gleichgewichtes existieren eine Vielzahl unterschiedlicher Organismen gleichzeitig, ohne dass sie beim „Kampf ums Dasein“ bevorzugt oder weiter benachteiligt werden. Das äußert sich darin, dass ihre Populationen relativ konstant bleiben.
- \* In Phasen der Bewegung steuert die Evolution auf eine neue Lösungsmenge zu. Die Organismen, die an die neue Lösungsmenge besser angepasst sind, werden bevorzugt, die die schlechter angepasst sind, werden benachteiligt oder sogar eliminiert. Die Populationsgrößen verändern sich relativ zueinander.
- \* Ist die neue Lösungsmenge erreicht, halten sich positive und negative Variationen wieder die Waage und eine Phase des Gleichgewichts auf einem anderen Niveau tritt ein.
- \* Eine Phase des Gleichgewichts wird durch eine Phase der Bewegung abgelöst, wenn sich die Spielregeln, bzw. die Rahmenbedingungen der Umwelt ändern.
- \* In Phasen der Bewegung gelten die Regeln für Darwins Mechanismus bzw. die der kumulativen Selektion. Diese können bei konstanten Umweltbedingungen, in kosmischen

oder geologischen Dimensionen gesehen, relativ schnell wieder eine Phase des Gleichgewichts erreichen.

Wenn man diese Hypothesen in ein neue Erklärungsmodell integriert, ist man in der Lage eine ganze Reihe von Phänomenen bedeutend besser zu erklären, als es die aktuellen Modelle tun könnten.

So ist es z.B. wesentlich leichter erklärbar, dass große evolutionäre Entwicklungen immer auf katastrophalen Umweltereignissen von globalem Ausmaß zu folgen scheinen, wie es die Fossilienfunde nahelegen. Aber auch die umgekehrte Beobachtung, dass Flora und Fauna oft über lange Zeiträume relativ konstant waren, kann so besser erklärt werden.

Widmen wir uns als nächstes den Erkenntnissen aus der Mikrobiologie und speziell der Rolle der DNA. Es steht außer Frage, dass die DNA eine zentrale Rolle bei der Entwicklung, Gestaltung und Formgebung eines Organismus spielt. Sie ist der zentrale Informationsträger, der entscheidende Information zum Aufbau und zur Gestalt eines Organismus enthält. Die DNA ist aber, wie wir sehen konnten, keinesfalls als Code und Daten eines genetischen Programms zu verstehen, dass die gesamte Information zur Entwicklung eines Organismus vollständig enthält. Die Rolle einer Softwarevariante des Homunkulus kommt der DNA nicht zu. Die DNA enthält Information dazu, welche Proteine in den Zellen codiert werden. Was zu welchem Zeitpunkt und wie lange codiert werden soll, kann eine andere Informationsquelle haben. Diese Information hat jedoch ebenfalls großen Einfluss auf Form und Gestalt eines Organismus.

Wir haben die Positionsinformationen kennengelernt, die unabhängig von der Information in der DNA Einfluss auf die Entwicklung nehmen. Sie bestimmen, wann ein DNA Abschnitt abgelesen wird und wie lange dieser für eine Proteinsynthese verwendet wird. Die Positionsinformationen an sich sind von Umweltfaktoren abhängig. Gewisse Fähigkeiten und Eigenschaften eines Organismus können so indirekt durch die Umwelt geprägt werden. Ob nur die Umwelt in aller nächster Nähe die Positionsangaben beeinflussen kann oder ob selbst die Stellung der Planeten zu gewissen Zeitpunkten auf die Entwicklung Einfluss nehmen kann, ist eine unbeantwortete Frage. Das neue Modell ist jedoch grundsätzlich für solche Gedankengänge und Hypothesen offen.

Sehen wir uns nun die Rolle der DNA im evolutionären Prozess an. Die DNA ist ganz offensichtlich Gegenstand zufälliger Variationen. Auf der einen Seite können diese durch Kopierfehler oder Einflüsse von außen, wie Radioaktivität ausgelöst werden. Die hierdurch erzeugte Abweichung in der DNA Codierung kann dann zu einer abweichenden Codierung

bei der Proteinsynthese führen, wodurch Form und Eigenschaften eines Organismus verändert werden.

In noch größerem Ausmaß wird die DNA bei der sexuellen Fortpflanzung zweier Individuen variiert, indem sich die Gene der DNA zweier unterschiedlicher Individuen vermischen, während sie an die nächste Generation weitergereicht werden. Auch dies hat offensichtlich großen Einfluss auf Form und Gestalt der Nachkommen.

Die nach unserer Analyse offen gelassene Frage ist, ob auf diese Art und Weise neue Information produziert werden kann oder ob hierdurch nur bereits vorhandene Information zu Ausdruck gebracht werden kann. Aber um zu einem verbesserten Erklärungsmodell zu gelangen, ist mit allem was wir jetzt wissen, gar keine eindeutige Antwort erforderlich. Für eine evolutionäre Entwicklung ist die Produktion neuer Information durch Variation der DNA nicht mehr zwingend notwendig. Eine Vielzahl horizontaler Informationswege hat sich uns aufgetan, die diese Information von außerhalb einbringen können. Eine eindeutige Antwort würde nur einen von mehreren alternativen Wegen zulassen oder ausschließen.

Wir hatten in den Abschnitten zum horizontalen Informationsfluss bei der Evolution eine Reihe von Möglichkeiten gesehen, wie mehr oder weniger zufällig völlig neue Information einer Art von außen zugeführt werden kann. Besonders ist hierbei hervorzuheben, dass neben „künstlichen“ Wegen auch eine Reihe „natürlicher“ Wege existieren, die ohne Intelligenz oder die Ingenieurwissenschaften auskommen. Deshalb können wir uns zunächst auf diese Wege beschränken, damit wir vorläufig noch im Rahmen der naturwissenschaftlichen Restriktionen bleiben. Ganze Gene, die in der Art bisher fremd waren, können auf diesen Wegen Eingang in die Gestaltung eines Organismus finden. Der Effekt des Einfügens ganzer Gene in die DNA muss ungleich größere Folgen für die Entwicklung eines Individuums haben, als die Veränderung einer einzelnen Nukleinbase innerhalb der DNA. Das Auftauchen und die Aktivierung neuer Gene innerhalb einer Art kann dann möglicherweise auch größere Sprünge in der Evolution erklären, die von der klassischen Evolutionslehre bisher ausgeschlossen werden.

Wie wir weiter sehen konnten, ist es aber nicht nur genetische Information, die die Entwicklung eines Organismus beeinflusst. Ebenso beteiligt ist die Information in Form von Positionsangaben, die bewirkt, wann und wie lange ein Gen zur Proteinsynthese aktiv sein darf. Dies ist ein wichtiger Faktor bei der Formgebung, der von äußeren natürlichen Einflüssen abhängig sein kann.

Eine weitere Komponente von Information waren die Spielregeln, die auch durch natürliche Einflüsse von außen geändert werden können.

Es ist also auch ein Einfluss von außen, der einen evolutionären Prozess in Bewegung bringen kann. Solange wir uns auf ein in sich geschlossenes System beschränken sind die Spielregeln stabil. Ob es sich um einen Gartenteich als Biotop mit all seinen Bewohnern handelt, ein lange Zeit abgeschiedener Kontinent wie Australien, die Erde als isolierter Lebensraum im Weltall oder eine Art, die in sich geschlossen ist und sich nicht mit anderen Arten paaren kann, für alle gelten die gleichen Regeln der Evolution. Jedes geschlossene System entwickelt sich graduell weiter, bis es den oben beschriebenen Zustand des evolutionären Gleichgewichts erreicht.

In Bewegung gerät das Ganze erst wieder, wenn Information oder Ereignisse von außen an das geschlossene System heran- oder besser gesagt hineingetragen werden, die es plötzlich, zumindest für einen begrenzten Zeitraum, wieder zu einem offenen System machen. Wenn also ein neues Individuum wie eine Fadenalge oder eine Ringelnatter von außen in das Biotop Gartenteich gelangt, ist das Gleichgewicht gestört und das Biotop entwickelt sich weiter, bis es einen neuen Gleichgewichtszustand erreicht, in dem Fadenalgen und Ringelnatter ihren Platz haben, möglicherweise die Population der Frösche gesunken und die der Molche verschwunden ist. Es kann aber auch sein, dass es aufhört, ein eigenständiges geschlossenes System zu sein und statt dessen mit dem umgebenden System, mit dem der Austausch stattgefunden hat, ein gemeinsames geschlossenes System bildet, dass sich dann auch insgesamt auf einen neuen Zustand des Gleichgewichts zu bewegt. Was im Kleinen so abläuft, ist nicht anders im Großen. Das Eindringen neuer Individuen wie Ratten, Hunden, Aga Kröten und europäischer Menschen in Australien hatte den gleichen Effekt.

Wenn nun möglicherweise, wie es Fred Hoyle und Chandra Wickramasinghe darstellen, neue Viren, Viroide und Bakterien mittels Kometen den Weg zu uns auf der Erde finden, so gilt das Gleiche auch für die evolutionäre Entwicklung auf der ganzen Erde. Neue Gene aus dem All tragen Information von außen heran und wären so ein Motor der Evolution, indem sie das Gleichgewicht des geschlossenen Systems Erde stören und die Evolution in Bewegung bringen. Sollte es zeitweise keine Berieselung mit neuen Genen aus dem All geben, so wird die Erde vorübergehend vom biologisch evolutionären Standpunkt aus gesehen wieder zu einem geschlossenen System. Geschlossene Systeme, egal wie klein oder groß sie sind, erreichen wieder den Zustand des evolutionären Gleichgewichts.

Das bisher formulierte Erklärungsmodell wäre völlig ausreichend, unter der Voraussetzung, dass ein geschlossenes System generell neue zusätzliche Information immer von außen erhalten muss, um eine neue Stufe der Evolution zu erreichen. Es lässt sich aber auch hier leicht noch einmal der Umkehrschluss formulieren, der besagt, dass Einflüsse von Außen

die Evolution in Bewegung bringen, ohne dass das System selbst neue Information zur Entwicklung seiner Organismen produziert hat.

Aber wie sieht es nun mit der Produktion von neuer Information im Inneren eines geschlossenen Systems aus, die einen Einfluss auf die Entwicklung nehmen kann?

Solange sich das geschlossene System im evolutionären Gleichgewicht befindet, haben zufällige Variationen die gleiche Chance wie der ewig tippende Affe, neue Information zu produzieren. Es ist jedoch möglich, dass bereits vorhandene Information, die bisher nicht in Erscheinung getreten war bzw. zur Kenntnis genommen wurde, durch zufällige Variation z.B. durch geschlechtliche Neuorganisation der Gene zweier Individuen erstmalig bzw. erneut exponiert wird.

Genauso wie sich hierdurch ein evolutionärer Vorteil bilden könnte, so ist im Gleichgewichtszustand jedoch die Chance gleich groß, dass dieser Vorteil durch eine weitere Variation des Organismus mit nachteiligem Effekt wieder ausgeglichen wird. Nur Variationen, die die Überlebensfähigkeit eines Individuums beeinträchtigen, werden eliminiert, was zur Erhaltung des Gleichgewichts auf einem höheren Niveau erforderlich ist und verhindert, dass das Leben in dem geschlossenen System degeneriert.

Die Evolution gerät erst in Bewegung, wenn Information innerhalb eines geschlossenen Systems produziert wird, die dazu geeignet ist, die Spielregeln zu verändern. Es ist dabei unerheblich, welcher Art diese Information ist. Es reicht, dass sie das geschlossene System soweit verändert, dass die Rahmenbedingungen für das Überleben der einzelnen Organismen sich verändern. Biologische, physikalische, chemische und selbst geistige Veränderungen sind hierfür denkbar.

Damit haben wir einen Punkt erreicht, an dem es sinnvoll wird, die Grenzen der Naturwissenschaften zu überschreiten, und Ingenieurs- und Geisteswissenschaften hinzuzunehmen. Es sind nämlich diese zwei Disziplinen, die sich sehr dazu eignen, die Spielregeln zu verändern. So ersetzen Ingenieure die zufällige Variation aus Darwins Mechanismus mit einer geplanten Variation und die natürliche Selektion durch die geplante künstliche Selektion eines Züchters. Geistige Erkenntnisse entwickeln neue Regeln, die mittels der Planung von Ingenieuren oder Züchtern umgesetzt werden. Wenn also der Kennelclub die Standards für einen Großpudel verändert, indem er die maximale Schulterhöhe von 60cm auf 55cm senkt, so ist das eine Änderung der Spielregeln, die anschließend von den Züchtern durch geplante Selektion kleinerer Pudel bei der Zucht in der Rasse manifestiert wird.

Damit lässt sich aber nun die Frage beantworten, ob ein geschlossenes System solche Information tatsächlich selbst produzieren kann oder ob diese nur von Außen kommen kann.

Für die alten Griechen stand fest, dass alle Information eines geschlossenen Systems von Anfang an vorhanden war und neue Information von außerhalb des Systems kommen musste. In unserem neuen Erklärungsmodell ist die Antwort eindeutig: „Ja, ein geschlossenes System kann solche Information selbst produzieren!“

Offensichtlich kann eine einfache Gesetzesänderung, wie veränderte Fangquoten für die Seefischerei, das Fangverbot für Wale oder der Beschluss einiger Großhandelsketten, auf den Verkauf von Schildkrötensuppe zu verzichten, ein augenblickliches Gleichgewicht, aber auch die Richtung auf ein von der Evolution angestrebtes Ziel für ein Gleichgewicht verändern. Ähnliches gilt natürlich auch für physikalische Eingriffe in die Umwelt, wie das Abholzen von Regenwäldern oder das Anlegen von Stauseen und Autobahnen. All diese Änderungen sind jedoch das Resultat eines intellektuellen Prozesses, der zu neuen Erkenntnissen gelangt ist und der mittels von auf freiem Willen beruhenden Entscheidungen diese Erkenntnisse dazu benutzt, das vorhandene System durch gezielte Maßnahmen zu verändern. Natürlich lässt sich hierbei jederzeit darüber streiten, ob die von einer Intelligenz verursachte Veränderung der Zielrichtung vom objektiven Standpunkt aus gesehen „intelligent“ ist, besonders dann, wenn diese Intelligenz rein subjektive Ziele verfolgt.

Aber kann ein geschlossenes System neue Information produzieren ohne dass Intelligenz daran beteiligt ist. Die offiziellen Paradigmen geben auch hierauf eine eindeutige Antwort und die lautet „Ja!“. Die die Evolutionstheorie besagt, dass Darwins Mechanismus der zufälligen Variation und natürlichen Selektion, bzw. Dawkins kumulative Selektion in der Lage sind, neue Information zu schaffen, ohne dass dafür Intelligenz erforderlich wäre.

Wie wir in den vorausgegangenen Kapiteln entdecken konnten, ist es wichtig, dass sich bei der Beurteilung evolutionärer Prozesse die Intelligenz nicht durch die Hintertür eingeschlichen hat. Wir haben bei solchen Prozessen die Beteiligung einer Fitnessfunktion erkannt. Selbst wenn der Prozess selbst völlig ohne die Beteiligung von Intelligenz aufgebaut ist, so ist es, wie wir zeigen konnten, in den Beispielen für kumulative Selektion eine Intelligenz, die vorher in die Fitnessfunktion eingebracht wurde. Der Prozess selbst benötigt keine Intelligenz und es ist auch keine Intelligenz erforderlich, die den Ablauf des Prozesses kontrolliert. Es ist das gleiche Problem, wie bei dem Beispiel der natürlichen Selektion, bei der ein Sieb ohne Beteiligung von Intelligenz eine höhere Ordnung und damit neue Information erzeugen konnte. Die Frage ist jedoch, ob das Sieb von einer Intelligenz

geplant und gebaut wurde und so geschickt in den natürlichen Prozess integriert wurde, dass die höhere Ordnung bzw. neue Information entstehen kann.

Die Antwort der Vertreter von Darwins Evolutionslehre ist folgende: Intelligenz setzt eine Planung und die Ausrichtung auf ein Ziel voraus. Das Fehlen der Ausrichtung auf ein Ziel ist damit der Beweis dafür, dass Intelligenz nicht im Spiel ist.

In unserem neuen Erklärungsmodell ist ein solch einfacher Beweis aber nicht mehr möglich. Es kennt zwar auch den Zustand eines evolutionären Prozesses bei dem eine Ausrichtung auf ein Ziel nicht feststellbar ist, aber das ist nur der Fall, wenn der Prozess sich bereits im Ziel bzw. innerhalb der Lösungsmenge befindet. Sobald jedoch die Spielregeln verändert werden, existiert ein Ziel, das durch eine neue Zielmenge zulässiger Lösungen im Organisationsraum bestimmt ist. Der evolutionäre Prozess bewegt sich in Richtung dieser neuen Lösungsmenge.

Wir wollen hierbei gar nicht soweit gehen zu behaupten, dass in dem erweiterten Erklärungsmodell die Entstehung von neuer Information ohne Beteiligung von Intelligenz nicht möglich wäre. Wir können jedoch behaupten, dass unter der Annahme, dass die Hypothesen des erweiterten Erklärungsmodells wahr sind, der klassische Beweis, für die Entstehung neuer Information mittels Darwins Mechanismus hinfällig wird und die Frage damit offen bleibt.

Wir haben jedoch andererseits gesehen, in welchem Umfang Intelligenz Einfluss auf die Evolution nehmen kann, sodass man sie als zusätzlichen Faktor mit heranziehen muss. Genau das ergibt die Erweiterung des Erklärungsmodells auf die Ingenieurwissenschaften unter Einbeziehung von Geist und Intelligenz. Man kann jedenfalls nicht leugnen, dass ein evolutionärer Prozess, selbst wenn man annimmt das er blind ist, in seinem Ablauf ein intelligentes Wesen namens William Shakespeare hervorgebracht hat, der ein Werk namens Hamlet verfasst hat, das unter anderem den Satz „Methinks it is like a weasel“ enthält. Wenn die Information nicht bereits in den Buchstaben versteckt war und nur noch durch Variation zu Tage treten musste, sondern Shakespeares Intelligenz entspringt, so bietet das erweiterte Erklärungsmodell problemlos Platz für eine solche Lösung.

Wenn die Grenze zwischen natürlich und künstlich in unserem erweiterten Modell fällt und künstliche Objekte als spezielle natürliche Objekte angesehen werden, wie es der Nobelpreisträger Gerd Binnig vorgeschlagen hat, sind wir einen großen Schritt weiter gekommen.

Wir sehen jetzt, wie die Evolution auf unterschiedlichen Ebenen abläuft, Sie findet auf der mikroskopischen Ebene auf dem Niveau einer Zelle statt, und sie verändert ganze

Organismen und Arten. Wir sehen eine biologische und eine geistige bzw. kulturelle Evolution, die sich gegenseitig beeinflussen, indem sie sich stören oder zusammenarbeiten. Was sich dann insgesamt vor der Evolution behaupten kann, wird von der natürlichen Selektion an der Summe der Ergebnisse auf allen Ebenen gemessen. Wenn eine genetische Variation einer Zelle dazu führt, dass diese sich permanent durch Teilung vermehrt, so kann das aus Sicht der Zelle positiv sein. Für das Individuum kann dieser Effekt verheerende Konsequenzen haben. Eine genetische Variation, die zu einer Störung des Sozialverhalten eines Individuums führt, kann dessen Überlebenschancen verbessern, indem es sich vor gefährlichen Aufgaben innerhalb der Gemeinschaft drückt, oder sich auf Kosten anderer in der Gemeinschaft Vorteile verschafft. Dieses gestörte Verhalten kann jedoch durch genetische Vererbung oder dadurch dass es Nachahmer findet, die in den Genuss der gleichen Vorteile kommen wollen, die Gemeinschaft oder sogar die Kultur soweit schädigen, dass im Endeffekt die unsozialen Individuen selbst die Nachteile treffen. Andererseits haben wir erstaunliche evolutionäre Fortschritte kennengelernt, bei denen die biologische und kulturelle Evolution gemeinsam einen dramatischen evolutionären Fortschritt erzielen konnten, wie das Beispiel des Lesens und Schreibens zeigte.

Die Einbeziehung von Information, Intelligenz und Geist in ein Erklärungsmodell bietet ebenso neue Möglichkeiten für Erklärungen außerhalb des biologischen Bereiches der Naturwissenschaften, der Physik und Chemie und in deren Berührungsbereichen. Wenn die Information zur Entstehung des Lebens vorhanden ist, kann diese dazu verwendet werden, aus unbelebter Materie belebte Materie zu erzeugen. Dabei ist es unerheblich ob die Information bereits in der unbelebten Materie in irgendeiner Form vorhanden ist oder ob sie von außerhalb zugeführt wird. Dies gilt dann selbstverständlich auch für Laborversuche. Sollten dieses Experiment tatsächlich irgendwann einmal gelingen, der Biologe Craig Venter erzielt bereits Teilerfolge, so ist dies jedoch kein Beweis dafür, dass das Leben durch zufällige Variation und natürliche Selektion entstanden ist, ohne dass Intelligenz daran beteiligt wäre. Die Beschaffung, wenn nicht sogar Erzeugung der Information oder Teilen der Information zur Synthese von lebender Materie, sowie die Versuchsanordnung und die Planung des Prozessablaufs, wären im Laborversuch ganz offensichtlich das Resultat von Intelligenz des Experimentators.

Die Einbeziehung von Information als zusätzliche Größe im Erklärungsmodell bietet auch auf rein physikalischem Niveau eine Reihe von Ansätzen für weitere Hypothesen. Den Zusammenhang zu den gängigen Größen der Physik hat Leo Szilard mit seiner Formel  $S=kT \ln 2$  gefunden, genauso wie Albert Einstein den Zusammenhang zwischen Materie und Energie mittels  $E=mc^2$  beschreiben konnte.



Materie kann in Energie umgewandelt werden. Energie existiert in unterschiedlichen Energieformen, die ineinander umgewandelt werden können. Nach dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik ist die Entropie stets positiv oder vereinfacht ausgedrückt, bei der Umwandlung von Energie nimmt die Ordnung innerhalb eines Systems generell ab, und alles strebt einer Gleichverteilung zu, dem thermischen Gleichgewicht. Information war nach der verwendeten Definition aus der Signaltechnik Struktur, die von der Gleichverteilung abweicht.

Während Energie umgewandelt wird, wird Arbeit verrichtet. Unter der Anwendung von Intelligenz, kann diese Arbeit dazu verwendet werden, um in gewissen Teilbereichen eines Systems die Ordnung zu erhöhen, was die Erzeugung von Information bedeutet. Dabei wird der zweite Hauptsatz der Thermodynamik nicht verletzt, da nach Leo Szilards Formel gleichzeitig Energie in Wärme umgewandelt wird, wodurch die Unordnung in einem anderen Bereich erhöht wird. Umgekehrt kann Information dazu verwendet werden, Arbeit zu verrichten oder Energie umzuwandeln. Der Maxwellsche Dämon hat zwar das Perpetuum Mobile zweiter Ordnung nicht erfunden, aber er kann immer noch seine erworbene Information dazu benutzen, die von Maxwell vorgeschlagene Maschine zu betreiben, auch wenn hierdurch kein Überschuss an Ordnung bzw. Energie entsteht.

Wir wollen aber an dieser Stelle aufhören, anhand der Kenntnisse, die wir auf den verdeckten Seitenwegen der Evolution und Naturwissenschaften gefunden haben, weitere Hypothesen aufzustellen. Das erweiterte Erklärungsmodell mit den bisher aufgestellten Hypothesen bietet bereits jede Menge Ansatzpunkte, um ein ganzes Buch zu schreiben, das anhand von Beispielen und Beobachtungen in der Natur Indizien sammeln und beschreiben könnte, die für sie sprechen. Es wäre möglich auf diesen Hypothesen aufbauend, ein ganzes Gebäude einer Theorie mit neuen interessanten Schlüssen und Folgerungen zu erstellen.

Das jedoch war nicht der Sinn und Zweck dieses Buches. Dieses Buch ist dazu gedacht, die Augen für neue Blickwinkel zu öffnen. Laufen wir nicht blind einem blinden Uhrmacher hinterher. Nehmen wir unsere Augen fort von den Okularen der Mikroskope, die die Lösung allein im mikroskopischen und molekularen Bereich suchen, und sehen wir uns gleichzeitig im Makrokosmos um. Dann werden wir die Information finden, die auf den verdeckten Wegen der Wissenschaft für jeden, der sich umsehen will, zugänglich ist. Werfen wir weiter einen Blick hinter die überflüssigen Barrieren der Naturwissenschaft, die errichtet wurden, um sich von Ingenieur- und Geisteswissenschaften abzugrenzen. Mit dem was wir dahinter finden können, steht uns der Weg zu neuen Erkenntnissen offen.

Wer diesen Schritt wagt, wird erkennen, was ihm möglicherweise verborgen war, solange er sich blind auf das verlassen hat, was offiziell gelehrt und in den Medien verbreitet wird, ohne sich selbst eine eigene Meinung zu bilden.

Selbstverständlich ist mir bewusst, dass die Einbindung von Intelligenz in das erweiterte Erklärungsmodell die Türen öffnet für diejenigen, die diese Position sofort mit Gott besetzen möchten. Das Modell schließt Gott keinesfalls aus, ist aber offen für unterschiedliche Quellen von Intelligenz, wie die des Individuums selbst, eines anderen Individuums oder einer gesamten Art. Der Astronom und Mathematiker Fred Hoyle hat sogar nachgewiesen, dass Maxwells Gleichungen es zulassen, dass Intelligenz aus der Zukunft Einfluss auf die aktuelle Entwicklung nehmen kann. Fred Hoyle vertrat sogar die Ansicht, dass Intelligenz für die Evolution unbedingt erforderlich sei. Diese könne aber keinen göttlichen Ursprung haben, da das von allen beobachtbare Resultat mit zu vielen Fehlern behaftet sei. Wenn es jedoch trotzdem jemandem gelingen sollte, auf den verdeckten Wegen der Evolution Gott zu finden, dann ist dies auch eine zulässige Lösung neben einer ganzen Reihe unterschiedlicher zulässiger Lösungen, die unser erweitertes Erklärungsmodell ermöglicht, ohne dass eine dieser Lösungen die Exklusivität für sich beanspruchen darf.

Aber lassen wir uns zum Abschluss noch den Umkehrschluss machen, der selbst seine Gültigkeit behalten kann, wenn eine oder mehrere Hypothesen des erweiterten Erklärungsmodells nicht beweisbar sind oder sogar falsifiziert werden sollten.

Wenn die offizielle Lehrmeinung die Beteiligung von Intelligenz am Prozess der Evolution von vorn herein ausschließt, so ist dies nicht korrekt. Wir konnten eine Reihe verdeckter Wege entdecken, auf denen Intelligenz deutlich Einfluss nehmen konnte. Auch der Versuch, mittels kumulativer Selektion die Beteiligung von Intelligenz überflüssig zu machen, kann nicht als vollständig erfolgreich gewertet werden, da hierbei offensichtlich eine negative Rückkopplung zwischen positiven und negativen Variationen und die hieraus resultierenden Konsequenzen nicht erkannt wurden, die die kumulative Selektion an einem gewissen Punkt zum Stillstand bringen können.

Damit besitzen Darwins Mechanismus und Dawkins kumulative Selektion keinesfalls die Exklusivrechte an einer evolutionären Entwicklung, die automatisch alternative Erklärungen ausschließen darf. Andererseits schließt auch die Erkenntnis, dass es Lösungen unter Beteiligung von Intelligenz gibt, noch nicht automatisch aus, dass es ohne Intelligenz nicht geht.

Mit der Erkenntnis, dass alternative Wege zur klassischen Lehre existieren, sind dann leicht die Hypothesen auszumachen, die falsch sein müssen, wenn sie mittels einer falsifizierbaren

Generalisierung der klassischen Hypothesen, auf denen diese aufbauen, widerlegt werden können.

Wenn der blinde Uhrmacher eines Tages wieder beginnt, mit seinen übrigen vier Sinnen mit der Umwelt zu kommunizieren, wird er in der Lage sein, neue Information von außen zu empfangen und zu verstehen, die ihn zu weiteren Erkenntnissen gelangen lässt.

Er wird dann möglicherweise feststellen, dass zumindest manche der Uhren, die er montiert, lebenswichtige Komponenten enthalten, die einer seiner sehenden Kollegen geplant oder entwickelt hat. Mit dieser Einsicht sollte er dann in der Lage sein, nicht mehr das alleinige Urheberrecht an seinen Produkten zu beanspruchen und in Zusammenarbeit mit seinen sehenden Kollegen neue und bessere Modelle zu entwickeln.

Wenn er dann seinen Hamlet weiterliest, wird er auf ein weiteres Zitat stoßen, dass Shakespeare Hamlet aussprechen lässt: "Es gibt mehr Dinge zwischen Himmel und Erden, als Eure Schulweisheit sich erträumt."

## **Anhang**

Verschiedene Varianten des Algorithmus zu Dawkins Weasel.

Programmiersprache: 4GL DRIVE Oldstyle

### **Anhang A1 Weasel 2.0**

Algorithmus ohne klebende Buchstaben. Konvergiert gegen eine Lösungsmenge mit 1,04 richtigen Zeichen.

```
PROC;          /* WEASEL 2.0 */
CRE VAR &X INTEGER=53755 , &Y INTEGER=12345 ;
CRE VAR &A INTEGER=31,&C INTEGER=5 ,&M INTEGER=933;
CRE VAR &I INTEGER=0 , &ZZ28 INTEGER=0, &ZZ27 INTEGER=0;
CRE VAR &TARGET CHAR(28)='METHINKS IT IS LIKE A WEASEL';
CRE VAR &STRING CHAR(28)='*****';
CRE VAR &ABC CHAR(27)='ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ ';
CRE VAR &HITS(28) INTEGER=0 ,&J INTEGER=1 , &S INTEGER;
CRE VAR &OK(28) INTEGER=0;
CRE VAR &POS INTEGER=0;
```

```

CRE VAR &LOOP INTEGER=1 , &IHITS INTEGER , &NHITS INTEGER=0;
SUBPROCEDURE MOD28; /* ZUFALLZAHN 1-28 FUER ZEICHENPOSITION */
CYCLE WHILE &X>&M;
SET &X=&X-&M;
END;
    SET &ZZ28=&X;
    CYCLE WHILE &ZZ28>28;
    SET &ZZ28=&ZZ28-28;
    END;
SET
&X=&A*&X+&C;
END SUBPROCEDURE;
SUBPROCEDURE MOD27; /* ZUFALLSZAHL 1-27 FUER BUCHSTABE */
CYCLE WHILE &Y>&M;
SET &Y=&Y-&M;
END;
    SET &ZZ27=&Y;
    CYCLE WHILE &ZZ27>27;
    SET &ZZ27=&ZZ27-27;
    END;
SET
&Y=&A*&Y+&C;
END SUBPROCEDURE;
CYCLE WHILE &LOOP<100 ;
SET &J    =1;
CYCLE WHILE &J<4; /* ANZAHL MUTATIONEN PER GENERATION */
    PERFORM SUBPROCEDURE MOD28;
    PERFORM SUBPROCEDURE MOD27;
    SET &STRING (P=&ZZ28 , L=1) =&ABC (P=&ZZ27, L=1);
    SET &J    =&J    +1;
END;
SET &NHITS=0 , &S=1;
CYCLE WHILE &S<29;
IF &STRING (P=&S, L=1) =&TARGET (P=&S, L=1) THEN
    SET &NHITS=&NHITS+1;
END;

```

```

SET &S=&S+1 ;
END;
SEND MESSAGE &STRING, ' WERT:', &NHITS , ' SCHRITTE:', &LOOP WAIT;
IF &NHITS=28 THEN
    BREAK CYCLE;
END;
SET &LOOP=&LOOP+1;
END;
SEND MESSAGE &STRING, ' ERREICHT IN ', &LOOP , ' SCHRITTEN' WAIT;
END PROC;

```

## **Anhang A2 Weasel 2.1**

Diese Variante hat 222 Kopien bzw. Nachkommen per Generation und konvergiert gegen eine Lösungsmenge von Sätzen mit ca. 21 richtigen Zeichen.

Die Erhöhung auf <756 Kopien und Senkung der Anzahl modifizierte Elemente &J auf 1 lässt den Algorithmus den Zielsatz erreichen.

```

PROC; /*WEASEL2.1*/
CRE VAR &CTIME CHAR(6) , &NTIME NUM(6), &XV INTEGER=1860;
CRE VAR &X INTEGER=393755 , &Y INTEGER=592345 , &V INTEGER=34567;
CRE VAR &A INTEGER=91, &C INTEGER=5 , &M INTEGER=9337;
CRE VAR &I INTEGER=0 , &ZZ28 INTEGER=0, &ZZ27 INTEGER=0;
CRE VAR &TARGET CHAR(28)='METHINKS IT IS LIKE A WEASEL';
CRE VAR &STRING CHAR(28)='*****';
CRE VAR &ABC CHAR(27)='ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ ';
CRE VAR &HITS(28) INTEGER=0 , &J INTEGER=1 , &S INTEGER;
CRE VAR &OK(28) INTEGER=0 , &T CHAR(1), &POS INTEGER=0;
CRE VAR &E INTEGER , &ANZKOPIE INTEGER=222, &NHITSMAX INTEGER=0;
CRE VAR &KOPIE CHAR(28)=' '*28 , &K INTEGER=0;

```

```

CRE VAR &LOOP INTEGER=1 , &IHITS INTEGER , &NHITS INTEGER=0;
SUBPROCEDURE MOD28;
SET &CTIME=&TIME; SET &NTIME=&CTIME;
SET &X=&X+&NTIME+&ZZ27;
CYCLE WHILE &X>&M;
SET &X=&X-&M;
END;
    SET &ZZ28=&X;
    CYCLE WHILE &ZZ28>28;
    SET &ZZ28=&ZZ28-28;
END;
SET &X=&A*&X+&C*&ZZ27;
END SUBPROCEDURE;
SUBPROCEDURE MOD27;
CYCLE WHILE &Y>&V;
SET &Y=&Y-&M+&ZZ28;
END;
    SET &ZZ27=&Y;
    CYCLE WHILE &ZZ27>27;
    SET &ZZ27=&ZZ27-27;
END;
SET &Y=&A*&Y+&C;
END SUBPROCEDURE;
CYCLE WHILE &LOOP<150 ; /* ANZAHL TOTALE DURCHLÄUFE */
SET &K=1;
SET &NHITSMAX=0;
CYCLE WHILE &K<&ANZKOPIE; /* ANZAHL KOPIEN PER GENERATION */
    SET &STRING=&KOPIE;
    SET &J=1;
    CYCLE WHILE &J<3; /* J = ANZAHL MODIFIZIERTE ELEMENTE */
        PERFORM SUBPROCEDURE MOD28;
        PERFORM SUBPROCEDURE MOD27;
        SET &STRING(P=&ZZ28 ,L=1)=&ABC(P=&ZZ27,L=1);
        SET &J=&J+1;
    END; /* CYCLE J */
SET &S=1 , &NHITS=0;

```

```

CYCLE WHILE &S<29; /* ANZAHL RICHTIGE POSITIONEN */
IF &STRING(P=&S,L=1) =&TARGET(P=&S,L=1) THEN
    SET &NHITS=&NHITS+1;
END;
SET &S=&S+1 ;
END; /* ANZAHL RICHTIGE POSITIONEN */
IF &NHITS>=&NHITSMAX THEN
    SET &KOPIE=&STRING, &NHITSMAX=&NHITS;
END;
SET &T=&ABC(P=&ZZ27,L=1);
IF &NHITS=28 THEN
    BREAK CYCLE;
END;
SET &K=&K+1;
END; /* CYCLE ANZAHL KOPIEN */
SEND MESSAGE &KOPIE , ' WERT:', &NHITSMAX , '
GENERATION:', &LOOP;
SET &LOOP=&LOOP+1;
END;
SEND MESSAGE &STRING, ' ERREICHT IN ', &LOOP , ' SCHRITTEN' WAIT;
END PROC;

```

## Anhang A3

### Weasel 3.0

Der Algorithmus simuliert die geschlechtliche Vererbung mittels 16 Nachkommen per Generation von denen 4 Väter und 4 Mütter die Eltern der nächsten Generation werden. Auch dieser Algorithmus erreicht sein Ziel ohne klebende Buchstaben.

```

PROC /* WEASEL 3.0 */;
CRE VAR &VATER(8) CHAR(28)=' '*28 , &VWERT(8) NUM(2)=0 ;

```

```

CRE VAR &KWERTPARK NUM(2) , &KINDERPARK CHAR(28);
CRE VAR &WECHSEL INTEGER, &R INTEGER;
CRE VAR &MUTTER(8) CHAR(28)=' '*28, &MWERT(8) NUM(2)=0;
CRE VAR &KINDER(32) CHAR(28)='?'*28, &KWERT(32) NUM(2)=0 , &KMAX NUM(2);
CRE VAR &V INTEGER, &K INTEGER=0 , &T INTEGER=1 , &E INTEGER=1;
CRE VAR &I INTEGER=0 , &W INTEGER=0 , &S NUM(2);
CRE VAR &ZIEL CHAR(28)='METHINKS IT IS LIKE A WEASEL';
CRE VAR &CTIME CHAR(6) , &NTIME NUM(6);
CRE VAR &X INTEGER=53755 , &Y INTEGER=12345 ;
CRE VAR &A INTEGER=31, &C INTEGER=5 , &M INTEGER=933;
CRE VAR &ZZ28 INTEGER=0, &ZZ27 INTEGER=0;
CRE VAR &ABC CHAR(27)='ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ ' ;
CRE VAR &LOOP INTEGER=1;
CRE VAR &F INTEGER=0;
SUBPROCEDURE MOD27;
SET &CTIME=&TIME; SET &NTIME=&CTIME;
SET &Y=&Y +&ZZ28+&NTIME;
CYCLE WHILE &Y>&M;
SET &Y=&Y-&M;
END;
    SET &ZZ27=&Y;
    CYCLE WHILE &ZZ27>27;
    SET &ZZ27=&ZZ27-27;
    END;
SET &Y=&A*&Y+&C;
END SUBPROCEDURE;
SUBPROCEDURE MOD28;
SET &CTIME=&TIME; SET &NTIME=&CTIME;
SET &X=&X+&NTIME+&ZZ27;
CYCLE WHILE &X>&M;
SET &X=&X-&M;
END;
    SET &ZZ28=&X;
    CYCLE WHILE &ZZ28>28;
    SET &ZZ28=&ZZ28-28;
    END;

```



```

SET &X=&A*&X+&C;
END SUBPROCEDURE;
SUBPROCEDURE NACHWUCHS;
SET &V=1 , &K=0;
CYCLE WHILE &V<9;
/* ERSTES KIND */
SET &K=&K+1;
SET &KINDER (&K, P=1, L=14) = &VATER (&V, P=1, L=14);
SET &KINDER (&K, P=15, L=14) = &MUTTER (&V, P=15, L=14);
/* ZWEITES KIND */
SET &K=&K+1;
SET &KINDER (&K, P=1, L=14) = &MUTTER (&V, P=1, L=14);
SET &KINDER (&K, P=15, L=14) = &VATER (&V, P=15, L=14);
/* DRITTES KIND */
SET &K=&K+1;
SET &KINDER (&K, P=1, L=7) = &VATER (&V, P=1, L=7);
SET &KINDER (&K, P=8, L=7) = &MUTTER (&V, P=8, L=7);
SET &KINDER (&K, P=15, L=7) = &VATER (&V, P=15, L=7);
SET &KINDER (&K, P=22, L=7) = &MUTTER (&V, P=22, L=7);
/* VIERTES KIND */
SET &K=&K+1;
SET &KINDER (&K, P=1, L=7) = &MUTTER (&V, P=1, L=7);
SET &KINDER (&K, P=8, L=7) = &VATER (&V, P=8, L=7);
SET &KINDER (&K, P=15, L=7) = &MUTTER (&V, P=15, L=7);
SET &KINDER (&K, P=22, L=7) = &VATER (&V, P=22, L=7);
SET &V=&V+1;
END; /* CYCLE */
END SUBPROCEDURE; SUBPROCEDURE BEWERTUNG;
SET &KWERT=0;
SET &K=1;
CYCLE WHILE &K<33; /* UBER 32 KINDER */
SET &W=1;
CYCLE WHILE &W<29; /* UBER 28 ZEICHEN VON KINDER */
    IF &KINDER (&K, P=&W, L=1) = &ZIEL (P=&W, L=1) THEN
        SET &KWERT (&K) = &KWERT (&K) + 1;
    END; /* IF */

```

```

    SET &W=&W+1;
END; /* CYCLE ZEICHEN */
SET &K=&K+1;
END; /* CYCLE KINDER */
END SUBPROCEDURE;
SUBPROCEDURE MUTATION;
SET &K=1;
CYCLE WHILE &K<33;
    PERFORM SUBPROCEDURE MOD28;
    PERFORM SUBPROCEDURE MOD27;
    SET &KINDER(&K,P=&ZZ28 ,L=1)=&ABC(P=&ZZ27,L=1);
    SET &K=&K+1;
END;
END SUBPROCEDURE;
SUBPROCEDURE SELEKTION;
CYCLE;
SET &WECHSEL=0 , &S=1 ;
CYCLE WHILE &S<32;
SET &R=&S+1;
IF &KWERT(&R) > &KWERT(&S) THEN
    SET &KWERTPARK=&KWERT(&R) , &KINDERPARK=&KINDER(&R)
    SET &KINDER(&R)=&KINDER(&S) , &KWERT(&R)=&KWERT(&S)
    SET &KINDER(&S)=&KINDERPARK , &KWERT(&S)=&KWERTPAR
    SET &WECHSEL=&WECHSEL+1;
END;
SET &S=&S+1;
END;
    IF &WECHSEL=0 THEN BREAK CYCLE; END;
END;
SET &F=1; /*
CRE FORM;
CYCLE WHILE &F<17;
FILL FORM &KINDER(&F) , ' ' ,&KWERT(&F);
SET &F=&F+1;
END;
DISPLAY FORM; */

```

```

SET &VATER(1)=&KINDER(1) , &VWERT(1)=&KWERT(1);
SET &VATER(2)=&KINDER(3) , &VWERT(2)=&KWERT(3);
SET &VATER(3)=&KINDER(5) , &VWERT(3)=&KWERT(5);
SET &VATER(4)=&KINDER(7) , &VWERT(4)=&KWERT(7);
SET &MUTTER(1)=&KINDER(2) , &MWERT(1)=&KWERT(2);
SET &MUTTER(2)=&KINDER(4) , &MWERT(2)=&KWERT(4);
SET &MUTTER(3)=&KINDER(6) , &MWERT(3)=&KWERT(6);
SET &MUTTER(4)=&KINDER(8) , &MWERT(4)=&KWERT(8);
SET &VATER(5)=&KINDER(9) , &VWERT(5)=&KWERT(9);
SET &VATER(6)=&KINDER(11) , &VWERT(6)=&KWERT(11);
SET &VATER(7)=&KINDER(13) , &VWERT(7)=&KWERT(13);
SET &VATER(8)=&KINDER(15) , &VWERT(8)=&KWERT(15);
SET &MUTTER(5)=&KINDER(10) , &MWERT(5)=&KWERT(10);
SET &MUTTER(6)=&KINDER(12) , &MWERT(6)=&KWERT(12);
SET &MUTTER(7)=&KINDER(14) , &MWERT(7)=&KWERT(14);
SET &MUTTER(8)=&KINDER(16) , &MWERT(8)=&KWERT(16);
END SUBPROCEDURE;

/***** HAUPTPROGRAMM *****/
CYCLE WHILE &LOOP<411;
PERFORM SUBPROCEDURE NACHWUCHS;
PERFORM SUBPROCEDURE MUTATION;
PERFORM SUBPROCEDURE BEWERTUNG;
PERFORM SUBPROCEDURE SELEKTION;
CRE FORM;
FILL FORM 'GENERATION:',&LOOP;
FILL FORM 'VATER',' '*26,'W MUTTER                                W';
FILL FORM 'METHINKS IT IS LIKE A WEASEL      METHINKS IT IS LIKE A WEASEL';
CYCLE WHILE &I<8 ;
SET &I=&I+1;
FILL FORM &VATER(&I),' ',&VWERT(&I),' ',&MUTTER(&I),' ',&MWERT(&I);
END;
DISPLAY FORM;
IF &VWERT(1)=28 THEN
SEND MESSAGE &VATER(1),&VWERT(1),'GEN:',&LOOP WAIT;
BREAK CYCLE; END;
SET &LOOP=&LOOP+1 , &I=0;

```

```
END; /* CYCLE ANZAHL DURCHLÄUFE */
```

```
END PROC;
```