

Mark Gilbert
emergenz, algorithmen und form
Essay, 2006

Erst veröffentlicht in *Continuously* (Pustet Verlag, Salzburg, 2007)

DNA-Ligasen sind biochemische Substanzen, die DNA-Stränge verknüpfen und reparieren. Als der Familie der Synthesasen zuzurechnende Enzyme sind sie organische Katalysatoren, welche die Verbindung einfacherer Moleküle zu langen polymeren Proteinsträngen einleiten und steuern. Wie alle Katalysatoren wirken Enzymen, indem sie die Aktivierungsschwelle der Reaktion herabsetzen. Das heißt, dass sie die Energie und die Anstrengung reduzieren, die erforderlich sind, damit sich die ursprünglichen Substanzen einer Reaktion – die man als *Substrate* bezeichnet – zu einer neuen molekularen Form - ihrem *Produkt* - verbinden. Vor allem DNA-Ligasen sollen der Induced-Fit-Methode entsprechend funktionieren: Die genau erkennbare Molekularstruktur des Enzyms „gruppiert“ die Substrate und lässt sie zueinander die Positionen einnehmen, die für eine Reaktion notwendig sind. Zum Glück für die Verlässlichkeit unserer genetischen Informationen sind DNA-Stränge ziemlich stabil. Der Prozess ihrer Verknüpfung ist daher extrem komplex und erfordert nicht nur DNA-Stränge und DNA-Ligasen, sondern auch andere Substanzen, welche die Energie liefern, die notwendig ist, um die chemischen Verbindungen des Strangs aufzubauen oder zu lösen. Die Rolle von DNA Ligase in diesem Prozess scheint also zu sein, die sämtliche Teile dieses Prozesses zusammen zu bringen und sie in Zeit und Raum zu ordnen.

Anknüpfend an die Aussagen Manuel de Landas, Systemtheoretiker und Autor von *A Thousand Years of Nonlinear History*, könnte man sagen, dass die Funktion von Enzymen darin besteht, die Begegnung von Substanzen zu provozieren und sie dazu anzuregen, Formen anzunehmen, die sie sonst nicht annehmen würden. Der menschliche Stoffwechsel ist ein Prozess, bei dem eine Reihe frei zirkulierender Substanzen aus der Umwelt abgezogen und in unseren Körper eingebaut bzw. von diesem ausgeschieden werden. Um diese Menge aufgenommener Materialien zu ordnen, systematisch umzuwandeln und in ein komplexes System von Reaktionen zu integrieren, bedarf es bestimmter Algorithmen auf Molekularebene, welche diese voneinander abhängigen Prozesse in Gang setzen und steuern. Die molekularen Schablonen der Enzyme kodieren diese Algorithmen, die nicht nur genau die Wirkstoffe, den Fortgang und die Ergebnisse des Prozesses festlegen, sondern den Prozess überhaupt erst möglich machen. Enzyme gewährleisten, dass die metabolischen Reaktionen unserer Körper methodisch vonstatten gehen – schnell, aber kontrolliert – und Produkte hervorbringen, die vorhersehbar, kohärent und für die Zelle von Nutzen sind.

Hier tut sich ein interessantes Rätsel auf. Was lebt, mag viele Eigenschaften haben, aber Vorhersehbarkeit steht nicht unbedingt an erster Stelle. Trotz allem, was man in seinem Leben über manche Menschen denken mag, neigt man wohl im Allgemeinen zu der Auffassung, dass Flexibilität, Anpassungsfähigkeit und Überraschung recht gute Begriffe für die Beschreibung menschlichen Verhaltens darstellen. Diese Unvorhersehbarkeit von Makroorganismen spiegelt in der Tat wider, was auch auf molekularer Ebene vor sich geht. Während jedes einzelne Enzym nur eine ganz bestimmte Reaktion hervorzurufen und zu steuern vermag, umfassen, wie die Forschung zeigt, selbst die elementarsten biochemischen Reaktionen eine überwältigende Anzahl zusammenhängender metabolischer Schritte und Feedbacksignale. Selbst so einfache Prozesse wie der Glykosekreislauf, der Zucker in Zellenergie umwandelt, beruht auf einem chemischen Vorgang, an dem zehn verschiedene Enzyme beteiligt sind; an Prozessen wie dem der Reproduktion und Instandhaltung von Zellproteinen hat ein Vielfaches dieser chemischen Wirkstoffe Anteil. Ist ein Enzym also einerseits in dem, was es tut, sehr spezifisch, stellt es andererseits einen Teil einer größeren Kette sehr komplexer und vielfältiger Interaktionen dar.

Solche Netzwerke interagierender Teile bezeichnet man als komplexe Systeme. Obgleich sich die Untersuchung komplexer Systeme zu einem weiten und interdisziplinären Feld entwickelt hat, nennt man – nach den Physikern und Mathematikern Nigel Goldenfeld und Leo Kadanoff – Systeme unter anderem dann komplex, wenn sie „selbst in einfachen Situationen komplexe Strukturen hervorbringen und selbst in komplexen Situationen einfachen Gesetzen gehorchen“. Wir haben es mit Systemen zu tun, die sowohl Struktur als auch Variation hervorbringen können; wie der menschliche Stoffwechsel lassen sie aus ganz einfachen und klar definierten Reaktionen eine unendliche Vielfalt von Zuständen entstehen. Auch viele

andere Phänomene zeichnen sich durch Komplexität aus. Fließendes Wasser, das sich gleichzeitig kanalisiert und verwirbelt verhalten kann, und das Wetter, das regelmäßige Jahreszeiten erkennen lässt und doch täglich Unberechenbarkeit produziert, sind zwei alltägliche Beispiele für sich komplex verhaltende physikalische Systeme.

Der Komplexität der Zelle ist eine weitere Besonderheit eigen, die sie sowohl mit dem Wasser als auch mit dem Wetter gemeinsam hat. Die Natur dieser Systeme ist dergestalt, dass sie Muster hervorbringt, die nicht unmittelbar aus den Regeln abzuleiten sind, welche das Verhalten ihrer Teile bestimmen. Fließendes Wasser bildet Wirbel, Enzyme in Zellen Leben. Während die Regeln, welche das Verhalten der das System konstituierenden Einheiten steuern (Schwerkraft und die Anziehung zwischen Wassermolekülen beispielsweise oder die Molekularstruktur eines Enzyms und die Konzentration ihre Substrate), an und für sich einfach sind, vermag die Leistung des kollektiven Systems eine Kohärenz und eine Komplexität zu zeigen, die weit über die einzelnen Wirkstoffe des Systems selbst hinausgehen. Von Systemen, die einfache Wirkstoffe dazu bringen können, kohärente Muster zu bilden, sagt man, dass sie *emergentes Verhalten* an den Tag legen. Betrachtet man Komplexität als Funktion der Information, die ein System enthält, stellt man fest, dass die von emergenten Systemen produzierten komplexen Muster mehr Information enthalten als die ursprünglichen Wirkstoffe selbst. Die Gesamtwirkung des Systems geht über die Summe seiner Teile hinaus.

Emergente Muster lassen sich in vielen Bereichen des menschlichen Ausdrucks beobachten. Man denke etwa an das geschriebene Alphabet, bei dem die Information, die eine Kombination bestimmter Worte zum Ausdruck zu bringen vermag, sich wohl kaum aus der Betrachtung der intrinsischen Qualitäten einzelner Buchstaben erschließt. Oder an Musik, wo Harmonie, Rhythmus und Melodie zusammenwirken, um akustische Eindrücke zu erzeugen, die weit über die von einzelnen Tönen verheißenen Möglichkeiten hinausgehen. Was nun diese komplexen Systeme von Systemen in der natürlichen Welt unterscheidet, ist die menschliche Absicht, welche diese Elemente zu einer komplexen Form verknüpft. Die menschliche Verknüpfung dieser komplexen Ausdrücke ist freilich selbst selten spontan, in der Regel bedarf es bestimmter Vermittler, welche die Verbindung der Systemwirkstoffe zu einem kohärenten Muster unterstützen. Aus einem Vakuum Komplexität hervorzuzaubern ist sehr schwierig.

Das gilt gewiss auch für den Bereich des Designs. Die Faszination, die erfolgreiches Design hervorruft, ist Ergebnis eines komplexen Zusammenspiels von Form, Bedeutung und Verwendungszweck. Die Komplexität guter Form lässt sich allerdings nur in den seltensten Fällen erzwingen; üblicherweise ergibt sie sich aus vielen Schritten, Prozessen, Verfahren und Methodologien, die aus kleinen Vorhaben Iterationsreihen entstehen lassen, die sich nichtlinear auf ihr Ergebnis hin entwickeln. Jeder dieser Handlungsabläufe umfasst viele einfache Schritte, die an sich einen bestimmten Charakter aufweisen und häufig an Rezepte erinnern: erstens, zweitens, drittens ... Die Schritte betreffen bestimmte Fragen oder Probleme des Designprozesses selbst; manche sind damit befasst, Informationen zu verwalten, andere damit, Form zu erzeugen, andere damit, Bedeutungen zu analysieren. Die Ausführung jedes Schritts bedarf einer Art Algorithmus oder Schablone, um festzulegen, wie der Schritt ausgeführt werden soll. Schließlich ist Design ja ein Prozess des Ausführens, und die Methode des Designs ist die Summe aller kleinen Algorithmen, welche die Schritte regulieren, die zur Herstellung eines Ergebnisses notwendig sind. Methode ist selten etwas Umspannendes; „die Methode“ gibt es nicht. Methode gleicht den Enzymen, die den Stoffwechsel in einer Zelle katalysieren: Jeder Schritt ist bestimmt und festgeschrieben, hat aber für sich allein keinen Bestand. Es ist die subtile Ansammlung der vielen kleinen Schritte, die Akkumulation der vielen Entscheidungen, die Design zum Leben erwecken.

Man sagt, dass das Vermögen einer Methode sich zu ihrer Allgemeinheit umgekehrt proportional verhält, dass also eine Methode umso wirkungsvoller nützliche Ergebnisse zeitigt, je genauer ihre Begriffe und Verfahren festgelegt sind. Methode als Katalysator zu betrachten erlaubt uns zu verstehen, wie Methode – die auf Regelmäßigkeit und sogar Vorhersehbarkeit gründet – für eine kreative Disziplin wie Design wertvoll sein könnte, für eine Disziplin, die letzten Endes auf der Produktion von etwas Einzigartigem beruht. Es ist wichtig, sich daran zu erinnern, dass Einzigartigkeit in vielerlei Hinsicht *die* entscheidende Qualität von Design ausmacht. Ein Objekt etwa, das kein neues formales Merkmal aufweist, ist per definitionem eine Kopie und kein Design. Doch Neuheit allein reicht nicht aus, ein Design muss auch kohärent sein und dem beabsichtigten Zweck entsprechen. Diesbezüglich sind Spezifität der Methoden und Verfahren für ein Design

von großem Vorteil; sie ordnen und strukturieren die Beziehungen zwischen den wesentlichen Bestandteilen des anfänglichen Designs. Ohne Methode ist eine kohärente Form kaum möglich.

Schließlich nimmt Methode auf das Unerwartete Rücksicht, weil sie Systeme produziert, welche das Potenzial für Kompliziertheit und Variation haben. Natürlich garantiert die methodische Hervorbringung von formalen Systemen keine Komplexität, aber sie schafft die für ihre Emergenz erforderlichen Bedingungen. Und es ist das emergente Verhalten komplexer Systeme, dem die unbeschreibliche Aura guten Designs entspringt: die Einzigartigkeit, die sich einstellt, wenn die Qualität des Systems über die Summe seiner Teile hinausgeht. Methode vermittelt Neues. Ihre Rolle im Design ist es, durch die Orchestrierung einer gesteuerten, aber komplexen Reihe einfacher Interaktionen zwischen Inhalt und Form als Katalysator für die Emergenz von Struktur wie Variation zu wirken.

aus dem amerikanischen von Wolfgang Astelbauer