



Samstag, 12. Dezember 2020, 12:00 Uhr
~12 Minuten Lesezeit

Leben ist Symbiose

Ein gesundes Leben lässt sich nur im Einklang der Spezies finden.

von Melina Cenicero
Foto: Gajus/Shutterstock.com

Um zu überleben, müssen wir uns abgrenzen und isolieren – so wird es uns momentan allerorten und auf allen Kanälen vermittelt. Diese Sichtweise propagiert jedoch ein individualistisches Menschenbild, das naturwissenschaftlich längst überholt ist. Weder der Mensch noch sonst ein Lebewesen ist eine einzelne, abgrenzbare Einheit. Das Leben beruht auf Symbiosen, auf der engen Verwobenheit von Organismen – und zwar über Speziesgrenzen hinweg. Dieser Artikel stützt sich auf jüngste Erkenntnisse der Biologie zur essenziellen Rolle von Symbiosen und möchte damit unser Verständnis eines gesunden Lebens erneuern.

In diesen Zeiten fällt es mir schwer, Einklang zu finden. Einklang zwischen dem Narrativ der Leitmedien und dem der kritischen Stimmen: auf der einen Seite Zahlenwahn, Panikmache und Aufrufe zur Folgsamkeit, auf der anderen Seite Warnungen vor dem Verlust von Grundrechten und Selbstbestimmung. In persönlichen Diskussionen, selbst mit Menschen, die ähnliche Eindrücke haben wie ich, scheinen sich keine Lösungen finden zu lassen. Ich schwanke zwischen Frustration und Apathie. Zuweilen kommt es mir vor, als spalte sich die Realität in Ebenen, die sich gegeneinander verschieben.

Schon immer hat mir in solchen stressigen Zeiten das Laufen draußen an der Luft geholfen. Momentan steige ich fast täglich den Hügel hinter unserem Haus hinauf, tauche ein in den Wald, streife an seinen Rändern entlang und durch verwilderte Wiesen voller Blütenpflanzen und Obstbäume. Nirgendwo sonst spüre ich solchen Einklang. Manchmal dauert es eine Weile, bis sich mein Kopf klärt, doch ab einem bestimmten Punkt tritt die Entspannung ein.

Meine Sinne schärfen sich. Ich laufe einen Hohlweg hinab, ein dichter Teppich aus bronzeschimmerndem Buchenlaub, gesäumt von regenglänzenden Stämmen, deren Kronen sich zu einem lichten Kaleidoskop aus Gelb und letztem Grün entfalten. Mir tut sich eine Ahnung auf: Fast meine ich zu spüren, wie mein Mikrobiom mit den Organismen des Waldes kommuniziert, mit für meine Augen unsichtbaren Wesen in Laub, Boden und Luft. Dieses Gefühl hat nichts Esoterisches, vielmehr ist es äußerst biologisch – im Wortsinne: Es bezieht sich auf das Leben selbst.

Über dieses existenzielle Gefühl und seine Hintergründe möchte ich hier schreiben. Ich möchte schreiben über die vielen Organismen, aus denen sich jener vermeintlich einzelne Organismus zusammensetzt, den wir als „Mensch“ bezeichnen. Über die Verquickung von Ökosystemen, in denen der „Mensch“ ein Teil ist.

Und darüber, wie diese Verflechtungen die Basis für Gesundheit bilden.

Dabei speist sich mein Wissen aus philosophischen, naturwissenschaftlichen und literarischen Diskursen. Wissen ist ein Prozess, kein fester Zustand. Meine Sammlung an Wissen erweitert und verschiebt sich ständig. Ich möchte hier ein paar Einblicke teilen, über die es sich, so meine Überzeugung, nachzudenken lohnt. Dabei erhebe ich keinen Wahrheitsanspruch, sondern möchte vielmehr Denkanstöße geben.

Symbiose der Holobionten

Menschen sind keine abgrenzbaren Einheiten. Kein Lebewesen ist eine abgrenzbare Einheit. Wir sind vielmehr viel mehr: symbiotische Verbindungen, die in komplexen dynamischen Systemen zusammenwirken. Diese Systeme bestehen nicht aus vorgeformten Einheiten, die miteinander entweder bloß konkurrieren oder kooperieren – das wäre das in unserer Kultur noch immer vorherrschende Verständnis eines Lebewesens, ein rational-ökonomisches, darwinsches Verständnis vom Kampf und dem Sieg des Stärkeren.

Symbiosen jedoch erfordern neue Denkmuster. Sicher lassen sich die genannten komplexen Systeme besser greifen, wenn sie einen Namen haben. Die visionäre US-amerikanische Evolutionsbiologin Lynn Margulis, Mitbegründerin der Gaia-Hypothese, hat hierfür den Begriff „Holobiont“ geprägt. Margulis formulierte ebenfalls das Konzept der „Symbiogenese“ für den grundlegenden Prozess, durch den Leben entsteht: Neue Arten von Zellen, Geweben, Organen und Spezies entwickeln sich vor allem durch anhaltende Intimität zwischen Fremden. Anders gesagt, die Verschmelzung von Genomen bringt neues Leben hervor. Und zwar symbiotisches

Leben.

Im herkömmlichen Diskurs spricht man bei Symbiosen meist von „Wirten“ – den größeren, meist eukaryotischen Lebewesen – und „deren Symbionten“ – prokaryotischen Lebewesen ohne Zellkern. Angesichts der Komplexität und der variierenden Grade von Vorteilen innerhalb einer Symbiose ist diese Unterscheidung jedoch zu kurz gegriffen. Zudem schreibt sie dem „größeren“ Partner eine Rolle zu, die dieser nicht unbedingt hat. Wie Donna Haraway in ihrer vorausdenkenden Schrift zum Zusammenleben der Spezies, *Unruhig bleiben: Die Verwandtschaft der Arten im Chthuluzän*, anmerkt, sind alle Mitglieder eines Holobionten einander Symbionten (1).

Dies soll nun also die Basis unserer neuen Gedanken sein: Alle Lebewesen sind Holobionten. Alle Lebewesen sind Symbionten in komplexen Systemen.

Individualität ist ein Mythos

In diesen neuen Mustern zu denken mag durchaus schwerfallen. Schließlich ist unsere Kultur auf den Begriff des „Individuums“ getrimmt. Lange herrschte dieser auch in den Naturwissenschaften vor. Doch seit einigen Jahren sammeln sich immer mehr Beweise, die die herkömmlichen westlichen Dichotomien von „eigen/fremd“ und „Subjekt/Objekt“ zunehmend aus den Angeln heben. Dabei spielt auch der Wandel der Technologie eine große Rolle: Schließlich können wir nur die Aspekte der Natur analysieren, die unsere technischen Möglichkeiten uns wahrnehmen lassen. Im Gegenzug beeinflusst unsere Perspektive auf die Natur die Technologien, die wir zu ihrer Untersuchung entwickeln. Dies gilt es stets im Hinterkopf zu behalten.

Warum also können wir, aus wissenschaftlicher Sicht, nicht länger von „Individuen“ sprechen? Weil nahezu alles Leben auf Symbiosen beruht. Die enge Verwobenheit von scheinbar einzelnen Organismen beginnt bereits mit der spezieübergreifenden Verschmelzung von DNA-Sequenzen und lässt sich über die Entwicklung im Mutterleib bis zu den grundlegendsten Vitalfunktionen nachverfolgen.

In der Biologie wurden Individuen bisher nach anatomischen, embryologischen, physiologischen, immunologischen, genetischen und evolutionären Gesichtspunkten definiert. In einem Artikel von 2012 mit dem passenden Titel „We Have Never Been Individuals“ (Wir waren nie Individuen), veröffentlicht in der führenden amerikanischen Wissenschaftszeitschrift *The Quarterly Review of Biology*, nahmen sich die Biologen und Philosophen Scott F. Gilbert, Jan Sapp und Alfred I. Tauber diese Definitionen der Reihe nach vor. Ein Jahr darauf publizierte eine internationale Gruppe um die Biologin Margaret McFall-Ngai ebenfalls einen Artikel, der für die Wissenschaft wegweisend sein sollte, indem er speziell die Rolle von Bakterien bei der Entwicklung aller Tiere hervorhob. Die folgenden Ausführungen basieren maßgeblich auf diesen beiden exemplarischen Quellen (2, 3).

Anatomische Individualität setzt voraus, dass es sich bei einem Lebewesen um eine singuläre Einheit handelt. Jedoch finden sich in den vermeintlichen Individuen sämtlicher Spezies wiederum weitere Organismen. „Finden“ ist noch zu wenig gesagt: Tatsächlich gibt es Schätzungen, dass 90 Prozent aller Zellen, aus denen sich der menschliche Körper zusammensetzt, Bakterien sind.

Allein im Darm leben Bakterien aus bis zu 1.000 verschiedenen Gruppen; mit über 150 Bakterienspezies besteht eine fest etablierte Symbiose. Dazu kommen weitere Mikroorganismen wie Archaeen, Pilze, Milben und Viren. Gemeinsam bilden sie das „Mikrobiom“, das nicht nur den Verdauungstrakt, sondern auch Haut, Schleimhäute,

Atemwege und Geschlechtsorgane auskleidet. Der Holobiont „Mensch“ besteht also aus menschlichen Säugetierzellen und einem vielgestaltigen Mikrobiom.

Das Mikrobiom spielt bereits eine entscheidende Rolle bei der embryologischen Entwicklung aller Tiere. Es entsteht nicht einfach nur ein neues Lebewesen aus einem Spermium und einer Eizelle. Auch wenn die Forschung zur Rolle der Mikroben bei der Entwicklung des Embryos noch in den Kinderschuhen steckt, darf davon ausgegangen werden, dass sie die Bildung bestimmter Organe und des Immunsystems einleiten. Sicher ist bereits: Ohne die Darmbakterien, die bei der Geburt und beim Säugen auf das Neugeborene übersiedeln, könnte dieses keinen funktionierenden Verdauungstrakt entwickeln. Schließlich aktivieren die Bakterien eine Vielzahl von Genen im Darm. Somit ist die Entwicklung eines Lebewesens, wie Gilbert, Sapp und Tauber es formulieren, eine Sache von artübergreifender Kommunikation („interspecies communication“).

Die seit dem 19. Jahrhundert vorherrschende Auffassung von physiologischer Individualität ging davon aus, dass alle Teile eines Organismus für das Wohl des Ganzen arbeiten, wobei unter diesen eine Arbeitsteilung ganz im Sinne von Adam Smiths Nationalökonomie herrsche. Solche Organismen, die aus einer einzigen befruchteten Eizelle hervorgegangen seien, hätten ihre Komplexität entwickelt, um im allumfassenden Kampf ums Überleben zu bestehen.

Bereits zu Ende des 19. Jahrhunderts entwickelten sich gegenläufige Theorien, doch gegen die These vom Bakterium als feindlichem Krankheitserreger, gar als Antagonisten des Menschen, konnten sie sich lange nicht durchsetzen. Heute ist jedoch anerkannt, dass die physiologische Arbeitsteilung in einem Organismus von verschiedenen Spezies ausgeführt wird, die symbiotisch zusammenleben.

Kooperation der Spezies

Bakterien sorgen für eine ganze Reihe grundlegender, lebenswichtiger Prozesse der Wirbeltier-Physiologie: den Fettstoffwechsel, den Abbau von toxischen Fremdstoffen, die Regulation des pH-Werts im Darm, die Vitamin-Synthese und den Transport von Nährstoffen aus dem Verdauungstrakt in den Rest des Körpers. Dabei spielen die bakteriellen Symbionten eine Schlüsselrolle in der Prävention von Krankheiten. So bestehen Verbindungen zwischen dem Darm-Mikrobiom und den Funktionen des Gehirns: Die Mikroorganismen spielen eine Rolle bei der Regulation von Angstzuständen und Depressionen.

Wie oben bereits angedeutet, wurde auch die genetische Individualität eines Organismus über seinen Ursprung aus einer befruchteten Eizelle und somit aus einem einzigen Genom definiert. Doch auch die Gensequenzen mikrobieller Symbionten sind vererbbar. Bei Säugetieren werden sie etwa über den Mutterleib übertragen.

Bei der Auswahl und Weitergabe der Gene liegt der Fokus nicht allein auf dem eukaryotischen oder dem mikrobiellen Symbionten. Um nur ein Beispiel zu nennen: Eine Schmierlaus etwa benötigt für ihre Entwicklung bereits drei verschiedene Genome – das der Laus selbst sowie das zweier verschiedener Bakterienklassen. Nur der Holobiont als Ganzes verfügt schließlich über das vollständige Genom. Zu Recht also steht die Frage im Raum, ob nur jene Organismen im Leben bestehen können, die sich aus mehreren Genomen und Spezies zusammensetzen.

Die Vorstellung vom abgrenzbaren Individuum speist sich außerdem aus Begriffen wie „Kampf“, „feindlich“ und „fremd“. Entsprechend wurde auch das Immunsystem lange als Verteidigungsnetzwerk gegen eine feindselige Außenwelt dargestellt – ein Waffenarsenal

zur Verteidigung des „Selbst“. Ein solches Selbst jedoch, soviel sollte inzwischen klar geworden sein, existiert nicht. Das Immunsystem eines Holobionten wird maßgeblich auch von seinem Mikrobiom gestaltet. Ist dieses gestört oder unvollständig, fehlen etwa symbiotische Bakterien im Darm, wird der ganze Organismus anfälliger für Krankheiten.

Es braucht also ein nuancierteres Verständnis des Immunsystems. Es ist sowohl nach außen als auch nach innen ausgerichtet. Nach außen hin definiert es den Holobionten, den es vor Krankheitserregern zu schützen gilt; doch auch nach innen hin ist es wachsam gegenüber möglichen Gefahren, die aus dem Organismus selbst erwachsen. Dabei hat es nicht nur eine verteidigende, sondern vor allem eine prüfende Funktion. Es fungiert als Verhandler bei den Interaktionen verschiedener Organismen. So kann es symbiotische Mikroben aktiv rekrutieren und sorgt dafür, dass alle Symbionten im Sinne des Holobionten gemeinschaftlich zusammenarbeiten. Nur wer nicht zur Symbiose bereit ist, den gilt es zu bekämpfen.

Evolution der Schimären

Im Sinne von Margulis' Konzept der Symbiogenese erwächst also alles Leben aus speziesübergreifenden Interaktionen. Die Evolution lässt sich somit als Geschichte einer Reihe von Genomverschmelzungen unterschiedlichster Herkunft erzählen. Die in den Zellen der meisten Eukaryoten vorhandenen Mitochondrien und die für die Photosynthese verantwortlichen Chloroplasten verfügen über ihre jeweils eigene Erbsubstanz. Wie Gilbert, Sapp und Tauber es formulieren, sind wir genomische Schimären („genomic chimeras“): Nahezu 50 Prozent der menschlichen DNA bestehen aus Sequenzen, die von außen erworben wurden, etwa von Bakterien und einzelligen Eukaryoten.

Auch Viren spielen in unserem Erbgut eine entscheidende Rolle – was durchaus nicht als Sonderfall, sondern als Norm erscheint. Die sogenannten endogenen Retroviren können ihre Gene direkt zwischen denen des eukaryotischen Symbionten einbauen. Dabei sitzen sie oft an Schlüsselstellen. So veränderte eine Infektion bei einem Affen, einem Vorfahren des Menschen, vor mehreren Millionen Jahren den Prozess der Stärkespaltung, der seitdem schon im Mund beginnt. Die Veränderung des Bauplans für das zuständige Enzym Amylase mag dazu beigetragen haben, dass der bei der Spaltung entstehende Zucker dem Gehirn schneller zur Verfügung steht – und so komplexes Denken begünstigt.

Noch weiter zurück in der Evolutionsgeschichte liegt die Entstehung der Plazenta, möglich geworden durch Verschmelzungsproteine, wie sie in den Hüllen von Retroviren zu finden sind. Zusätzlich tragen diese Retroviren zum Schutz der Ungeborenen vor dem mütterlichen Immunsystem bei. Dies sind nur zwei bemerkenswerte Beispiele. Man darf davon ausgehen, dass alle Wirbeltiere bei ihrer Evolution von der Geschwindigkeit der Retroviren profitiert haben: So konnten sie sich schneller und flexibler an Veränderungen anpassen, als es allein mit ihrer eigenen DNA möglich gewesen wäre (4).

Die Basis gesunden Lebens

Wie das Team um McFall-Ngai betont, legen es die vorliegenden Daten dringend nahe, dass wir grundlegend neu denken, was ein Genom, einen Organismus, eine Population und ein Ökosystem ausmacht. Wir müssen verstehen, dass Organismen keine Individuen sind, sondern Holobionten, also symbiotische Verbindungen – im Falle des Menschen eine Verbindung aus Säugetierzellen und einer Vielzahl von Mikroben. Holobionten wiederum sind eingebunden in größere Ökosysteme, in denen sie

sich gegenseitig beeinflussen. Die Gesundheit eines Holobionten kann sich auf die Gesundheit des ganzen Ökosystems auswirken – und umgekehrt.

Warum ist es mir gerade in diesen Zeiten so wichtig, dieses Wissen mit so vielen Menschen wie möglich zu teilen? Weil ich wie die zitierten Wissenschaftler glaube, dass wir bestehende intellektuelle Barrieren einreißen müssen. Wir müssen unsere Bildung reformieren. Während innerhalb der Naturwissenschaften bereits Umbrüche stattfinden, scheint der Weg der Informationen in die breitere Öffentlichkeit noch nicht ausreichend etabliert. In der Politik, wie ich sie zurzeit erlebe, nehme ich davon jedenfalls nichts wahr:

Eine Politik, die Angst und Panik vor Mikroorganismen schürt, als wolle sie zu den Auffassungen des 19. Jahrhunderts zurückkehren. Eine Politik, die es Menschen versagt, frische Luft zu atmen. Die es höchstens gestattet, einmal am Tag rauszugehen. Die den sozialen Kontakt zwischen Lebewesen verbietet. Die es seit Jahrzehnten versäumt hat, funktionierende Ökosysteme zu bewahren und die auch jetzt nicht die notwendigen Schritte ergreift. Eine Politik, in der individualistisches Fortschrittsdenken noch immer über gemeinschaftliche Kooperation gestellt wird. Eine solche Politik hat kein ernsthaftes Interesse an Gesundheit – weder an der der Menschen noch an der des gesamten Planeten.

Ich schließe mich den zitierten Wissenschaftlern an und appelliere: Es ist dringend geboten, dass menschliche Gesellschaften die absolut zentrale Rolle erkennen, die die Beziehungen zwischen Mikroben und anderen Organismen für die Gesundheit aller Lebewesen und Ökosysteme spielen. Es ist Zeit, dass wir erkennen: „Wir alle sind Flechten.“ (Nach Gilbert, Sapp und Tauber: „We are all lichens.“) Wir alle sind Symbionten. Nur als solche können wir Einklang finden.

<https://www.buchkomplizen.de/Alle-Buecher/Nur-Mut.html>

<https://www.buchkomplizen.de/Alle-Buecher/Nur-Mut.html>

Hier können Sie das Buch bestellen: als **Taschenbuch**

<https://www.buchkomplizen.de/Alle-Buecher/Nur-Mut.html>

oder **E-Book** (<https://www.buchkomplizen.de/Alle-Buecher/Nur-Mut-oxid.html>).

Quellen und Anmerkungen:

(1) Donna Haraway. Staying with the Trouble: Making Kin in the Chthulucene. Duke University Press, 2016. Auf Deutsch erschienen unter dem Titel Unruhig bleiben: Die Verwandtschaft der Arten im Chthuluzän.

(2) Scott F. Gilbert, Jan Sapp und Alfred I. Tauber. „A Symbiotic View of Life: We Have Never Been Individuals.“ The Quarterly Review of Biology 87.4 (Dezember 2012): 325-341.

(3) Margaret McFall-Ngai et al. „Animals in a Bacterial World: A New Imperative for the Life Sciences.“ Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 110.9 (Februar 2013): 3229-3236.

(4) Nike Heinen. „Piraten im Erbgut.“ Science Notes, Ausgabe 4 (2019): 96-99.



Melina Cenicero, Jahrgang 1993, widmet sich sowohl in ihrer akademischen Arbeit als Doktorandin und Dozentin als auch in ihrem künstlerischen Schaffen als Poetin und Übersetzerin unserem kulturellen und sprachlichen Verhältnis zur nicht-menschlichen Natur — oder besser gesagt, zu allem Lebendigen. Dabei glaubt sie an die Grundwerte des Respekts, der Offenheit und der Verbundenheit.

Dieses Werk ist unter einer **Creative Commons-Lizenz ([Namensnennung - Nicht kommerziell - Keine Bearbeitungen 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.de))** (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.de>) lizenziert. Unter Einhaltung der Lizenzbedingungen dürfen Sie es verbreiten und vervielfältigen.