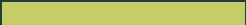


FRANCIS WALDVOGEL

DIE VIELFALT DER EMERGENZ

Vom Atom bis zur Natur
des Menschen

SCHWABE VERLAG





Francis Waldvogel

Die Vielfalt der Emergenz

Vom Atom bis zur Natur des Menschen

**Übersetzt aus dem Französischen
von Jacques Aeschimann**

Schwabe Verlag

Originaltitel:

Francis Waldvogel: Tableau de la vie: Échanges, émergences, complexité

Editions Odile Jacob, Paris 2020



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

© 2023 Schwabe Verlag, Schwabe Verlagsgruppe AG, Basel, Schweiz

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Das Werk einschliesslich seiner Teile darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in keiner Form reproduziert oder elektronisch verarbeitet, vervielfältigt, zugänglich gemacht oder verbreitet werden.

Übersetzung: Jacques Aeschimann, Rickenbach

Illustrationen: Jean-Philippe Bolle, Cartigny (Genf)

Cover: icona basel gmbh, Basel

Layout: icona basel gmbh, Basel

Satz: 3w+p, Rimpf

Druck: Hubert & Co., Göttingen

Printed in Germany

ISBN Printausgabe 978-3-7965-4868-0

ISBN eBook (PDF) 978-3-7965-4869-7

DOI 10.24894/978-3-7965-4869-7

Das eBook ist seitenidentisch mit der gedruckten Ausgabe und erlaubt Volltextsuche.

Zudem sind Inhaltsverzeichnis und Überschriften verlinkt.

rights@schwabe.ch

www.schwabe.ch

Inhalt

Vorwort	11
Einführung Eine Reise in die wunderbare Welt des Austausches	17
Vom Austausch zur Emergenz	18
Austausch: Vom Atom zum Menschen und darüber hinaus	20
Austausch: Wechselwirkungen zwischen Gemeinschaft und Vertrauen ...	21
Leben ist Austausch	22
Kapitel 1 Die Natur ist grosszügig: Austausch und Emergenz des Lebens	25
Das Leben braucht Energie	25
Wo der Austausch stattfindet: Die Zellmembran	26
Der Zellstoffwechsel: Eine winzige Fabrik	27
Was ist denn Energie?	28
Die zwei in der lebenden Zelle wirkenden thermodynamischen Hauptsätze	30
Dank ATP verwaltet die Zelle geschickt ihren Energiebedarf	32
Eine Reise in das Innere der Zelle: Austausch und Emergenz	33
Genetische Austauschvorgänge fördern die Diversität	34
Es gibt noch unergründliche Rätsel des Lebens	37
Kapitel 2 Epigenese, Symbiose und Homöostase: Drei Dialoge des Lebens	41
Epigenese: Austauschvorgänge zwischen unseren Genen und unserer Umwelt	41
Symbiose: Wenn sich zwei Arten verheiraten	45

Homöostase: Gleichgewicht durch Wechselwirkungen	50
Einige Bemerkungen zu den Wechselwirkungen in der Welt des Lebendigen	54
Kapitel 3 Die Wechselwirkungen in der unsichtbaren Welt: Von der Biochemie zum subatomaren Universum	57
Von der Biochemie zum Atom	57
Das Atom: Leere überall, und dennoch	58
Ein kleiner Exkurs in die Welt der Quantenphysik	60
Die vier fundamentalen Kräfte, und was sie austauschen	62
Die Schönheit der kovalenten Bindung: Einfach, aber unentbehrlich für das Leben	65
Das Wunder der Photosynthese: Was wir der Pflanzenwelt verdanken	67
Die Natur: Rauschende Leere und überschäumendes Leben	69
Kapitel 4 Die Kraft des Wortes schafft soziale Bindungen	73
Die Funktionalität der Sprache	74
<i>Small talk</i> : Mehr als ein Geplauder	77
<i>Story telling</i> : Geschichten erzählen	79
Kapitel 5 Austausch von Schallschwingungen – Emergenz einer Verzauberung: Die musikalische Erfahrung	85
Das Wesen des musikalischen Austausches	86
Lärm, Töne, Musik: Der Weg von der Physik zur Physiologie und zur Ergriffenheit	88
Das Zusammenspiel der Gesetze der Physik und der akustischen Regeln bewirkt die Emergenz der Musik	90
Die Kostbarkeit des musikalischen Austausches	93
Kapitel 6 Der Austausch von Kenntnissen ist die Triebfeder unseres Wissens	97
Die enge Beziehung zwischen Wissenschaft und Technologie	100
Unser heutiges Wissen: Vereinigung von Idee, Werkzeug und Methode im Austausch	102

Von der wissenschaftlichen Revolution zum Ungleichgewicht zwischen Kultur und Natur	103
--	-----

Gehen wir dem Ende der Wissenschaft entgegen oder ihrer Renaissance? Für eine neue Kultur des Austausches: Transdisziplinarität	106
--	-----

Kapitel 7 Zusammenleben: Die Evolution der menschlichen Gesellschaft	113
---	-----

Ameisenhaufen: Wohlorganisierte Gesellschaften erobern den Planeten ...	114
---	-----

Wohlorganisierte Gesellschaften allenthalben	119
--	-----

Von den Ameisen zu den Primaten: Führt dieser Weg zur Emergenz von moralischen Werten?	121
---	-----

Empathie, Altruismus und Asymmetrie der Wechselwirkungen	125
--	-----

Eine einmalige Begegnung und eine Lektion in Menschlichkeit	128
---	-----

Kapitel 8 Vertrauen und Geldverkehr	131
--	-----

Finanzwesen, Geld und Tauschhandel	131
--	-----

Vom Tauschhandel zum Geld: Eine kurze historische Übersicht über die Wirtschaft	135
--	-----

Austausche – Gegenseitigkeit und Vertrauen	136
--	-----

Zwei gewichtige Mitspieler am Tisch der Austausche: Die Versuchung nach Gewinn und die Furcht vor dem Risiko	140
---	-----

Preis und Wert: Wie können wir der Kommerzialisierung von nichtfinanziellen Werten enttrinnen?	143
---	-----

Kapitel 9 Die Medizin: Wissenschaft oder Kunst?	147
--	-----

Arzt und Ingenieur schöpfen beide aus der Wissenschaft	149
--	-----

Wissenschaft, Technologie, Medizin: Die Geschichte von drei beispielhaften Bündnissen – Pocken, Röntgenstrahlen, Mikrosensoren ...	151
---	-----

Genetik, Informatik und Medizin treten gemeinsam gegen Krebs an	156
---	-----

Irrwege der heutigen Medizin	159
------------------------------------	-----

Emergenzen, die uns morgen erwarten	162
---	-----

Kapitel 10 Wenn die Austausche spärlich werden: Misstrauen, Konflikte und Zusammenbrüche	167
Versiegen der Austausche und Verlust des Vertrauens:	
Biologie und soziale Motivation	168
Das Zweigespann Vertrauen – Zuverlässigkeit	172
Der Zerfall der Austausche verursacht eine «Ent-Emergierung»	174
Die Lehren aus der Physik:	
Von den Grundkonstanten zur Hyperkomplexität	175
Die Landesgrenzen schaffen ambivalente Austauschsysteme	177
Kann man Vertrauen wiederherstellen? Mediation und Versöhnung	178
Kapitel 11 Botschaften: Vom Meldeläufer der Schlacht von Marathon zur Nachrichtenflut im Infozeitalter	181
Die neuen künstlichen Welten der Infosphäre:	
Das Escape-Spiel als Beispiel	186
Eine neue Revolution: Die Infosphäre, ihre Beziehung zur Biosphäre und ihre ethische Dimension	189
Negativ wirkende Emergenzen?	193
Kapitel 12 «Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile»: Emergenz und komplexe Systeme	197
Einige Emergenzbeispiele	197
Emergenz, ein Kennzeichen komplexer Systeme	199
Eine Rundschau über komplexe Systeme	204
Welche komplexen Systeme sind auf unserem Planeten bedeutungsvoll? ...	206
Wir tragen für unsere negativ wirkenden Emergenzen die Verantwortung	210
Kapitel 13 Die menschliche Natur: Eine Vielfalt von Emergenzen, hervorgegangen aus unzähligen Austauschen	213
Beobachten und experimentieren: Zwei Arten, die Welt zu erfassen	213
Es sind oft nicht wahrnehmbare Austausche, welche Emergenzen erzeugen	216

Allgegenwart der Austausche und Netzwerktheorie	217
Segen und Fluch der vom Menschen hervorgebrachten komplexen Systeme	219
Für eine Erneuerung der humanistischen Gedankenwelt	221
Eine kurze Zusammenfassung: Zwischen Determinismus und Chaos	223
 Epilog Eine persönliche Erfahrung:	
Wenn der Einzelne dank der Gruppe gesund wird.	
Austausch und Emergenz der kollektiven Resilienz	227
Eine gut geplante Herzoperation	227
Fahrt zur Hölle	230
Von der Aufsplitterung zum Austausch:	
Emergenz einer kollektiven Resilienz	233
Die tägliche Arbeit in der kollektiven Resilienz	237
Einige Gedanken zu den zwischenmenschlichen Beziehungen und zur Emergenz einer kollektiven Hingabe und Resilienz	240
 Bibliografie	 243

Vorwort

Wie kam es zu diesem Buch?

Unsere Väter lernten sich während ihres Studiums an der ETH Zürich kennen und wurden Freunde. Beide waren *bilingue* und stammten aus Genf. Als sie sich etwa 25 Jahre später trafen, mag wohl der eine nebenbei bemerkt haben, dass sein Sohn auf die Kantonsschule Aarau gehe. «*Tiens, le mien aussi*», entgegnete der andere – «Ah, meiner auch!». In der Tat war ich zu diesem Zeitpunkt soeben in die erste Klasse der Oberrealabteilung eingetreten, während Francis Waldvogel bereits in der dritten Klasse des Gymnasiums die Schulbank drückte (wie man so schön sagt).

In der Familie von Francis sprach man, wie auch in meiner Familie, sowohl Deutsch als auch Französisch. Die Familie Waldvogel war nämlich nach dem Studienabschluss seines Oberhauptes nach Baden gezogen, wo Paul Waldvogel eine leitende Stellung in der damaligen BBC innehatte, während sich die Familie von Charles Aeschimann in Olten niederliess. Das erklärt die Begegnung ihrer Söhne in einer Zehn-Uhr-Pause im Park der Kantonsschule Aarau. Aus diesem ersten scheuen Treffen entwickelte sich rasch eine enge Freundschaft, nicht zuletzt durch den Umstand, dass Francis mich alsbald zum Eintritt in seine Studentenverbindung Argovia bewog.

Francis war überaus begabt, bestand die Maturaprüfung mit hervorragenden Noten (ich glaube, es waren lauter Sechser) und begann unmittelbar danach sein Medizinstudium an der Universität Genf. Mein Abschluss war weniger glänzend, aber trotzdem erfolgreich, sodass ich an der ETH Zürich meine Ausbildung zum Architekten antreten konnte. Die örtliche Trennung hinderte uns nicht, unsere Freundschaft weiterzupflegen, wir trafen uns so oft wie möglich, meist im Schosse der einen oder anderen Familie. Nach dem Studium heiratete Francis bald, und mir kam die Ehre zu, Pate des ersten Sohnes der jungen Familie zu werden.

Während meine berufliche Karriere keine hohen Wellen schlug, verlief jene von Francis erwartungsgemäss fulminant. Mit etwas über 30 Jahren wurde er Professor, soeben zurückgekehrt von der Universität Harvard und dem Massachusetts General Hospital, wo er sich auf dem Gebiet der Infektionskrankheiten weitergebildet hatte. Einer seiner früheren Studenten, Pierre Magistretti, schildert ihn in seinem Vorwort zu dem Buch, das Sie hier in meiner Übersetzung lesen mögen, folgendermassen:

«Francis Waldvogel ist, wie die Angelsachsen sagen, ein *Renaissance man*. Er ist an allem interessiert, er hat eine unersättliche jugendliche Neugierde bewahrt: Er wundert sich über alles, er staunt, er lehnt sich gegen Ungebürlichkeiten unserer Gesellschaft auf, vor allem gegen solche, die die Umwelt und die Armut betreffen. Aber er begnügt sich nicht damit, Interesse an diesen Themen zu bekunden: Er kennt die Materie zutiefst, in der er eine Leidenschaft entwickelt. Und er hat eine begnadete Fähigkeit, seine Gedanken, seine Kenntnisse und Überzeugungen zu vermitteln. Der Leser dieses Buches wird dies entdecken können.

Dieses Buch führt uns in der Tat auf eine Reise durch unsere Welt, ihre lebendigen oder toten Gebiete, vom Atom bis zu unseren Gesellschaften, mit dem Menschen im Zentrum. Und stellt eine fundamentale Frage: Was gibt es ausserhalb dessen, was unsere Sinne – Gesichtssinn, Gehörsinn, Geruchssinn, Geschmackssinn, Tastsinn – wahrnehmen können und das unserem Ökosystem ermöglicht hat, sich über Jahrmillionen zu entwickeln?

In 13 Kapiteln nimmt uns Francis Waldvogel an die Hand, lenkt unsere Aufmerksamkeit auf die Bedeutung der Austausche zwischen den Lebewesen, mit Beispielen aus unserem Umfeld wie die Bienen, die Honig aus den Blüten sammeln und dabei Pollen aufnehmen, um damit andere Blumen zu befruchten. Diesem bukolischen Bild folgen unzählige andere Themen, die uns zu den molekularen Wechselwirkungen, zu den Austauschen in der Biochemie, im Metabolismus, in der Energie führen und dem Lebewesen seine Anpassung, seine Entwicklung und sein Überleben sichern. Wir beugen uns ebenfalls über das Genom und die epigenetischen Mechanismen, die es verändern und damit dem Organismus die Anpassung an seine Umwelt ermöglichen. Wir statten auch der schwierigen Materie der Quantenmechanik einen Besuch ab, wo uns dank der didaktischen Kunst von Francis Waldvogel in möglichst einfacher Form komplizierte Konzepte erklärt werden.

Man spricht in diesem Buch jedoch nicht nur über Wissenschaft. In unserer Gesellschaft bilden Austausche unter den Individuen die Grundlage unserer sozialen Bindungen. Mit einem Handschlag, mit einem Wort, bei ernsten oder leichtfüssigen Gesprächen, durch Klatsch und Gerüchte entstehen Austausche, die ihren Bestand ausmacht. Auch der Austausch von Gütern und Geld, der Austausch zwischen dem Musiker und seiner Zuhörerschaft sind Vermittler von Beziehungen, die für die Existenz unserer Gesellschaft unentbehrlich sind. Wenn die Austausche verstummen oder unterbunden werden, sei es aus wirtschaftlichen, politischen oder ideologischen Gründen, machen sich Rückschritt, Niedergang, Krieg breit bis zum Tod. Das gilt sowohl für die Gesellschaft wie für das Individuum. Die soziale Bindung, der Austausch, die Gemeinsamkeiten sind unerlässlich, um diesen lebensnotwendigen Fluss aufrechtzuhalten.

Francis Waldvogel führt uns zu zahlreichen anderen Gedankengängen. So zeigt er auf, dass die meisten Austausche, sowohl auf der subatomaren Ebene als auch in der Grössenordnung der menschlichen Gesellschaft, das Potenzial haben, neue Eigenschaften entstehen zu lassen, eine entscheidende Grundlage für das Überleben unseres Ökosystems. Der Symbiose zwischen Korallen und Mikroalgen im australischen Barrier-Riff verdanken wir die Produktion von Sauerstoff, von dem wir jede Sekunde Nutzen ziehen.

Beim Lesen dieses Buches erfassen wir, dass die ungewöhnlich breiten Kenntnisse des Verfassers nur eine, allerdings unerlässliche, Bedingung war zu seiner Vollendung. Es ist auch die Frucht seiner aussergewöhnlichen Lebenserfahrung hauptsächlich als Arzt, aber auch in vielen anderen beruflichen und persönlichen Belangen. Er war unter ande-

rem Präsident des Rates der Eidgenössischen Technischen Hochschulen, des Novartis-Innovationsfonds, Mitbegründer des World Knowledge Dialogue (der die Schaffung eines Dialoges zwischen den Naturwissenschaften und den Human- und Sozialwissenschaften zum Ziel hat), Mitglied des Race for Water (der gegen die Verschmutzung der Ozeane durch Kunststoff kämpft) und, als exzellenter Pianist dazu prädestiniert, Vizepräsident des Musikkonservatoriums Genf. Diese Vielfalt von Verpflichtungen und Verknüpfungen haben seine Erfahrungen auf den Gebieten der Technologie, der Umwelt und des interdisziplinären Dialoges intensiv befruchtet. Gerade auf dem Gebiet der Austausche und des Dialoges liegt die Bedeutung seines Buches für die heutige Gesellschaft. Die übermässige Spezialisierung, die totalvernetzte Welt, welche uns paradoxerweise sozusagen vom realen Leben abnabelt, die unaufhaltbare Informationsflut mit ihren *fake news* im Kielwasser, das Aufkommen von Ausgrenzungen und Nationalismen, welche Wechselbeziehungen unterdrücken – all das sind Gefahren, die das Zusammenleben und das Überleben unserer Gesellschaften bedrohen. Auf dieser humanistischen Vision gründet das Buch von Francis Waldvogel, das bei Weitem nicht nur Wissen vermittelt, sondern als ein «Brevier des Lebens und der Natur» gelesen werden kann. Er teilt mit uns seine Weltanschauung und den Schatz seiner umfassenden multidisziplinären Erfahrung. Danke, lieber Francis, für diese schöne Lektion über das Leben, die Du auf so erhellende Weise mit dem Bericht über Deine Krankheit und Genesung zutiefst persönlich gestaltet hast. Wie Deine Vorlesungen vor Deinen Medizinstudenten wird dieses Buch einen tiefen Eindruck im Geiste jener hinterlassen, die das Glück haben werden, es zu lesen.»

Beim Lesen dieses Vorwortes schwante mir, dass da ein ehemaliger Schüler bei der Würdigung eines gross angelegten Werkes seines verehrten Lehrers ins Schwelgen gekommen ist. Trotzdem machte es mich begierig, das Buch meines alten Freundes anzupacken, welches in der französischen Ausgabe mit dem anspruchsvollen Titel «Tableau de la vie» und dem etwas verwirrenden Untertitel «Échanges, émergence, complexité» versehen ist. Ich las es mit zunehmender Neugierde und Verwunderung sozusagen in einem Zuge. Am Schluss fühlte ich mich von der enormen Fülle der wissenschaftlichen und philosophischen Thesen überwältigt. Etliches hatte ich nicht ganz verstanden, anderes erschien mir im Rückblick derart visionär, dass ich gleich mit der Lektüre wieder von vorn begann. Und dabei kam plötzlich der Gedanke auf, das Buch in die deutsche Sprache zu übersetzen, mit erhofften drei Nebeneffekten: erstens, dabei in mir eine tiefere Auseinandersetzung mit den Gedankengängen von Francis zu erzwingen; zweitens, dieses wegweisende Buch auch Freunden zugänglich zu machen, die des Französischen nicht mehr so mächtig sind; und drittens, meinen Freund zu motivieren, sein Werk zumindest in englischer und womöglich auch in deutscher Sprache herauszugeben. Als ich ihm meinen Plan und die ersten drei übersetzten Kapitel unterbreitete, war er von meinem Vorhaben überrascht, er befand meine Arbeit für einigermaßen textgetreu und teilte meine Auffassung, dass eine Übersetzung ins Englische zu überlegen sei. Höflicherweise meinte er, auch meine Bemühungen verdienten es, publiziert zu werden, aber dann folgte er auch meinen Bedenken, dass eine professionelle Überarbeitung unerlässlich wäre.

So setzte ich meine Arbeit mit Schwung und Begeisterung fort, befreit von der Befürchtung, eine breite Leserschaft zu enttäuschen, weil ich dem Original sachlich und stilistisch nicht gerecht werde. (Übrigens wird *Tableau de la vie* demnächst auch in englischer Sprache herausgegeben!)

Die französische Originalausgabe von *Tableau de la vie* ist mit faszinierenden Grafiken bereichert. Der Zeichner und Maler Jean-Philippe Bolle ist ein Jugendfreund von Francis; nach seinen Worten ist es dem Künstler gelungen, ins Sichtbare zu übertragen, was sonst unsichtbar bleibt: *Austausche*. Ich finde die Bilder sehr tief sinnig und schön.

Jacques Aeschimann
Rickenbach, August 2023



Einführung

Eine Reise in die wunderbare Welt des Austausches

Wie sehen wir die Welt? Dank unserer fünf Sinne – Gesichtssinn, Gehörsinn, Tastsinn, Geruchssinn, Geschmackssinn – sind wir in der Lage zu erkennen, was uns umgibt. Mit unseren geistigen Fähigkeiten geben wir dem Erkannten eine Form, eine Gestalt, eine Empfindung. Daraus entstehen Bilder und Konzepte, die wir täglich heranziehen: Wir hören Vögel pfeifen, wir sehen eine aufblühende Pflanze und ein Tier, das sich räkelt, wir beobachten das Lebendige, das geboren wird und stirbt.

Aber ist das alles wirklich die Realität? Kann ein Lebewesen, kann jeder Gegenstand, den wir betrachten, nur auf seine sichtbare Struktur beschränkt werden? Nein, denn das Leben bedingt auch ein Zusammenwirken aller Dinge. Dieses Zusammenwirken aller Dinge der Welt kann von unseren fünf Sinnen nicht erfasst werden und bleibt uns oft verborgen. Die moderne Wissenschaft, welche die Welt auch über unser Wahrnehmungsvermögen hinaus erforschen kann, zeigt uns wohl das Wesen der Gegenstände und Strukturen, die wir sehen und erkennen können: Wolken, Blumen, Tiere, uns selbst. Sie geht aber weit über die letztlich banale Beschreibung dieser Dinge hinaus. Sie zeigt auf, dass diese Dinge zusammenwirken und dass es hauptsächlich deren Interaktionen sind, die unseren Geist anregen und Empfindungen auslösen wie Bewusstsein, Gefühle und Stimmungen.

Wir erleben einen schönen Tag im Mai, der Frühling erblüht ringsum, eine leichte Brise bewegt das Laub und die Blumen. Einige Bienen umschwirren sie, setzen sich sanft auf eine Blüte und trinken den Nektar, der ihnen als Nahrung dient. Gleichzeitig, während sie durch die Nahrungsaufnahme ihr Überleben sichern, nimmt ihr behaarter Körper die Pollen auf, die ihm von den Staubgefäßen angeboten werden. Die Bienen bringen diesen feinen Staub auf eine andere Pflanze der gleichen Gattung und befruchten sie damit. Die Blumen versorgen somit die Bienen mit unverzichtbarer Nahrung, und die Bienen befruchten als Gegenleistung ihre Nahrungsspenden. Ohne Insekten keine Befruchtung der Pflanzen, keine Früchte, keine Biodiversität. Man schätzt, dass diese Wechselwirkungen seit Hunderten Millionen Jahren bestehen und das Überleben von 70 bis 80 Prozent der Pflanzen sichern.

In der Natur finden sich unzählige Beispiele solcher Austauschvorgänge von «Dienstleistungen» zwischen Gattungen. Betrachten wir nun ein weiteres Beispiel, jenes der Flechten, diesen eigenartigen harten, grün-grauen Krusten, die sich auf allen Erdteilen an Gesteinsbrocken und Baumrinden und Ruinen niedergelassen haben. Ich wäre nicht erstaunt, wenn man sie sogar auf den Gipfeln des Himalayas anträfe. Ihre aussergewöhnliche Widerstandsfähigkeit gegen die harten meteorologischen Verhältnisse verdanken sie einem engen Zusammenwirken von Algen und Pilzen: Erstere ernähren die Pilze, die Pilze wiederum versorgen die Algen mit der unerlässlichen Feuchtigkeit. Ein weiteres Wunder der Natur sind die Korallenriffe, diese erstaunlichen Ökosysteme. Sie bestehen aus einer Ansammlung von völlig verschiedenen wechselwirkenden Lebewesen: einerseits Kolonien kleiner Polypen mit einem Aussenskelett aus Kalk, sogenannte Korallen, anderseits Mikroalgen, die darin leben. Die meist roten, bizarr geformten Korallen stellen für die in ihnen wohnenden Algen chemische Verbindungen her, welche diesen das Überleben sichern. Die Algen ihrerseits bereiten daraus den Sauerstoff, den wir zum Atmen benötigen. Die Polypen und die Algen leben also in Symbiose, sie unterhalten ein System gegenseitiger Hilfe: Die ersten schützen die zweiten und verschaffen ihnen die nötigen chemischen Elemente zur Durchführung der Photosynthese, ein für den Erhalt des Lebens auf unserem Planeten unentbehrlicher Mechanismus. Durch Aufnahme der von den Polypen vorgehaltenen Nahrung können die Algen die Sonnenenergie fassen und mit deren Hilfe Sauerstoff produzieren. Etwa die Hälfte des Sauerstoffes, den wir einatmen, wird mittels Photosynthese in den Meeren produziert.

Vom Austausch zur Emergenz¹

Die Verwunderung, die uns beim Erkennen dieser schillernden Welt von Austausch und Zusammenwirken befällt, bringt uns auf eine fundamentale Frage: Wie kann man begreifen, dass so einfache Wesen wie Korallen und Algen durch gegenseitige Austauschvorgänge ein neues System hervorbringen können, das Sauerstoff produziert, eines der wichtigsten Moleküle für unser Leben? Dieses Vermögen war weder in den Korallen noch in den Algen vorhanden, es entstand unabhängig von den jeweiligen Eigenschaften der beiden beteiligten Lebewesen. Nur die Vereinigung und das Zusammenwirken der beiden Akteure haben einen völlig neuen, unvorhersehbaren Prozess in Gang gebracht. «Das Ganze ist mehr

1 Anmerkung des Übersetzers: Im französischen Text haben die Begriffe «échange» und «émergence» eine zentrale Bedeutung. Deren sinngemässe Übersetzung ist mir nicht immer gelungen. Den Begriff «échange» (wörtlich: Austausch) übersetze ich mit «Austauschvorgang», aber auch mit «zusammenwirken», «wechselwirken»/«Wechselwirkung», «Wechselbeziehung»; «émergence» (Emergenz) bedeutet das plötzliche, unvermittelte Auftauchen eines neuen Zustandes oder Prozesses.

als die Summe seiner Teile» kann man den erstaunlichen Vorgang nennen. Man nennt dieses ungewöhnliche Phänomen *Emergenz*. Wir werden ihm in den weiteren Ausführungen laufend begegnen, weil Zusammenwirken und Emergenz eng verbundene Begriffe von grosser Bedeutung sind.

Aber bleiben wir vorsichtig: Nicht jeder Austausch führt notwendigerweise zu emergenten Eigenschaften oder Vorgängen. Wenn man 2 Euro gegen 1 Kilogramm Mehl austauscht, entsteht daraus noch nichts Neues. Der zugrundeliegende Austausch ist eine unerlässliche, aber nicht hinreichende Bedingung dafür, dass etwas Neues entsteht; Emergenz ist unvorhersehbar und unerklärlich, denn sie ist im Wesen der beiden tätigen Akteure nicht vorhanden. Diese wichtige und vielleicht schwerverständliche Feststellung kann durch einige Beispiele anschaulich gemacht werden. Eine einleuchtende Emergenz ist die Kristallisation des Wassers bei Kälte – keine der Eigenschaften des Eiskristalles (Form, Härte, Schönheit) sind erkennbare Merkmale von Wasser, aber sie erscheinen im Augenblick des Phasenüberganges unter 0 °C. Eine andere Emergenz ist viel schwieriger zu verstehen: das Phänomen des Lebens. Die Lebenskraft der tierischen und pflanzlichen Welt, welche Fortpflanzung, Wachstum, neue Funktionen ermöglicht, war in den Molekülen nicht vorhanden, die sich zu Organismen verbanden. Während Sie diese Zeilen lesen, ist Ihr Bewusstsein tätig, angeregt durch Millionen von Informationsfragmenten, die Milliarden von Ihren Gehirnzellen aktivieren. Keine einzelne Gehirnzelle ist fähig, diesen Text zu lesen, aber deren kollektives Zusammenwirken ermöglicht es Ihnen, diese Schilderung aufzunehmen und zu verstehen.

Das Emergenzphänomen ist also oft schwer zu erfassen. Das hängt mit seinem eigenen Wesen zusammen, das sich in den urtümlichen tätigen Wesen nicht finden lässt. Wir können wohl das Zusammenwirken der Moleküle in einer Zelle beschreiben, aber eine wahrhaftige Definition des Phänomens «Leben» fehlt uns. Auch Begriffe wie «Gedächtnis» und «Bewusstsein», welche emergente Eigenschaften von neuronalen Interaktionen sind, entziehen sich einer verständlichen Definition. Wie können wir also dieses eigentümliche Phänomen erfassen? Eine vielversprechende Möglichkeit kann von der mathematischen «Theorie der komplexen Systeme» abgeleitet werden, welche vorschlägt, die Emergenz als Eigenschaft zu verstehen, die auf plötzliche, nichtlineare Weise bei Interaktionen in komplexen Netzwerken auftritt; diese Diskontinuität verlangt somit jedes Mal ein neues Referenzsystem. Durch diese Verallgemeinerung wird die Eigenschaft der Emergenz nicht ausschliesslich der Physik, der Chemie oder der Biologie zugesprochen, sondern auch unserer Gesellschaft. Nehmen wir ein einfaches Beispiel: den Händedruck zweier Personen. Von beiden verlangt er einen hohen Koordinationsaufwand ihrer Sinne und ihrer neuromuskulären Systeme: der Gesichtssinn (Erfassen des Treffpunktes ihrer Hände, der Lage ihrer Finger im Raum), die Positionierung ihrer fünf Finger der rechten Hand, um auf koordinierte Weise die gleichen Finger der Hand des Begrüssungspartners zu treffen,

Zeigefinger gegen Zeigefinger, Mittelfinger gegen Mittelfinger; Koordinierung der Muskelkräfte, um ein sanftes, oder energisches, oder dauerndes Händedringen zu vollbringen. Diese Geste ist jedoch nicht nur neuromuskulär, denn bei jeder solchen Handlung spüren wir ein neues Gefühl aufkommen. Jeder Händedruck bringt sozusagen einen Mehrwert, eine Botschaft, die den Händedruck begründet, sei es das Vertrauen zwischen Arzt und Patient, die Besiegelung des Geschäftes zwischen dem Viehhändler und dem Bauern, das Ende des Tennismatches zwischen Sieger und Verlierer. Keiner der an diesem Akt beteiligten zehn Finger kennt den Sinn dieser Handlung, die doch einen hohen symbolischen Gehalt hat. Der Austausch mit unseren Mitmenschen ist allgegenwärtig und unentbehrlich, er prägt unsere Persönlichkeit, entwickelt unsere Gefühle, unsere Gedankengänge, unterstützt uns auf der Suche nach Glück und geistiger Verbundenheit. Ein Blickwechsel erweckt Freundschaft, Liebe, ein Wortwechsel oder das Mitanhören eines Musikstückes erwecken einen Dialog, ein gegenseitiges Verständnis, eine Ergriffenheit.

Austausch: Vom Atom zum Menschen und darüber hinaus

Nun überwinden wir die Grenzen des Sichtbaren und betreten die Welt des Unsichtbaren, die Welt der Atome. Besteht das Zusammenwirken auch auf dieser Ebene? Bestimmt, denn wenn auch das Atom vorwiegend leer ist, ist diese Leere nicht absolut: Mehr als 40 verschiedene Arten von Welle-Materie-Partikeln schwirren darin herum, ziehen sich an, stossen sich ab. Wie wir noch sehen werden, sind diese wechselwirkenden Welle-Materie-Partikel Boten oder Vektoren der vier Grundkräfte, welche ihre Wirkung im Universum, auf uns, in uns ausüben.

Wir gehen nun die Stufenleiter der Grössenverhältnisse aufwärts, vom Atom zum Molekül, dann zur Zelle bis zum Menschen. Vermutlich verstehen wir an unserer eigenen Person die Bedeutung der Zusammenwirkung am besten. Der Austausch zwischen Individuen, beispielsweise, ist für unser geistiges Wohlbefinden unentbehrlich. Das Fehlen sozialer Austausche führt zu bedeutendem Stress, mit allen seinen fatalen Folgen. Und das Fehlen der affektiven Wechselwirkung zwischen Mutter und Säugling bewirkt eine ernsthafte Schädigung dessen geistiger Entwicklung.

Welches sind nun die emergenten Eigenschaften unserer Austauschvorgänge und Wechselwirkungen? Diese Frage beschäftigt mich seit vielen Jahren, aber es ist mir nie gelungen, die wahre Natur dieses «etwas Neues» zu ergründen, das so offensichtlich vorhanden ist auf der physikalischen, chemischen und biologischen Ebene, aber nicht fassbar auf der menschlichen Ebene. Als ich jedoch vor etwa drei Jahren derart ernsthaft erkrankte, dass ich mit meinem baldigen Tod rechnete, habe ich plötzlich verstanden, dass das individuelle Fachwissen aller

Ärzte und Pfleger um mich herum den Kampf gegen meine Krankheit nicht gewinnen konnte, aber dass deren gemeinsames Zusammenwirken eine neue Kraft hervorrief, die bei mir ein Aufbäumen bis zu meiner Genesung bewirkte. Diese kollektive Intelligenz hat mit einer überwältigenden Macht zu meiner vollständigen Wiederherstellung geführt. Diese Erfahrung hat noch eine grössere Tragweite: Wir Menschen bilden eine Gemeinschaft nur dank unserer Fähigkeit zum Austausch.

Austausch: Wechselwirkungen zwischen Gemeinschaft und Vertrauen

Meine Krankheit und meine Genesung haben mir die Augen geöffnet für die Allgegenwart der Verkettung Austausch und Emergenz, nicht nur auf der Ebene Atom, Molekül und Zelle, sondern auch bei den uns umgebenden Lebewesen und bei uns Menschen. Sie bilden die Grundlage unserer Gesellschaft.

Wir sind nicht die einzigen Wesen, die täglich die Wohltat der Gemeinschaft erleben. Es gibt sie in unzähligen Sozialverbänden: bei den Insekten (Ameisen, Termiten), bei den Fischen, bei den Vögeln, bei den Säugetieren (Wölfe, Elefanten) und natürlich bei den Menschenaffen. Doch verharren wir einen Augenblick bei uns Menschen und unseren Austauschformen (verbal, körperlich, schriftlich, finanziell, informatisch), die unsere Gesellschaft und unsere Gattung zusammenhalten. Sie sind nicht aus dem Nichts entstanden: Sie erfordern einen Austauschraum, der von verschiedenen Kompetenzen oder psychologischen Umständen geprägt ist, unter denen das Vertrauen das Wichtigste ist. Die Verkettung «Vertrauen – Austausch» bedarf allerdings einlässlicher Überlegungen. Beginnt der Austausch bei Vorliegen eines Klimas des Vertrauens? Oder erwächst das Vertrauen aus ersten erfolgreichen Austauschvorgängen? Oder gilt beides? Alles deutet darauf hin, dass es sich bei dieser Verkettung um ein iteratives Kreisphänomen handelt. Wir finden hier ein Verhalten vor, das sich vom klassischen Ursache-Wirkung-Schema unterscheidet. Man denkt dabei unwillkürlich an den Aphorismus «War das Huhn zuerst da, oder das Ei?». Die Forschung auf diesem Gebiet zeigt uns allerdings, dass auch hier gegenseitige Beeinflussungen häufig sind. Wir werden im Verlauf unserer Abhandlung auf ähnliche Beispiele treffen, beispielsweise: Generiert das magnetische Feld das elektrische Feld, oder verhält es sich umgekehrt?

Unsere Überlegungen zu den Austauschvorgängen werden einfacher, wenn man annimmt, dass diese zu verschiedenen Arten von Emergenzen führen können. Einfache Emergenzen sind quantifizierbar, bestimmt durch die Gesetze der Physik oder der Chemie, wie beispielsweise die Entstehung von Kristallen, die unter bestimmten genau definierten Voraussetzungen entstehen. Andere Emergenzen werden kompliziert, sobald wir komplexe Systeme untersuchen wie das

Leben, das Bewusstsein oder soziale Systeme. Bei Austauschvorgängen zwischen Menschen finden wir mehrere Einflussfaktoren, welche die Art der Austausche beeinflussen: Vertrauen, Intelligenz, Freundschaft, Liebe, Altruismus, um nur wenige zu nennen.

Leben ist Austausch

Hier sind einige Bemerkungen angebracht über die Frage, welches Ziel diese Abhandlung verfolgt und was sie nicht vermag. Zuerst das Negative: Sie ist nicht ein Katalog über alle Zusammenwirkungen, die wir in der Natur beobachten können. Sie versucht lediglich, einen etwas anderen Blick auf unsere Welt zu richten, indem sie bestimmte Austauschvorgänge beschreibt, die unsere Welt bestimmen, beleben, auszeichnen. Sie versucht darzustellen, dass Gegenstände, Pflanzen, Tiere, Menschen nicht nur Materie sind. Die moderne Wissenschaft lehrt uns, dass alle Objekte, ob belebt oder unbelebt, in erster Linie sowohl die Bühne wie auch die darauf handelnden Akteure von Austauschvorgängen sind, und dass diese Akteure ihrerseits neue Eigenschaften generieren wie die Atomstruktur, das Leben, Empfindungen und das Bewusstsein. Sie bestätigt, dass die in unserer Menschlichkeit, in unseren künstlerischen Werken und in meiner eigenen Lebensgeschichte erlebten Austauschvorgänge wundervolle Emergenzen, geradezu Wunder hervorbringen können. Wir sind jedoch nicht die einzigen Wesen, die solches erleben, denn wir teilen diese Fähigkeit des Austauschs mit der ganzen belebten und unbelebten Welt. Wir gehören alle zum gleichen universellen System.

Die folgenden Überlegungen und zitierten Beispiele können natürlich nicht allumfassend sein – wie könnte dies auch zutreffen, wo doch das Austauschen allgegenwärtig ist? Anhand einer Auswahl von Begebenheiten wird diese Studie untersuchen, wie sich Austauschvorgänge auf allen Ebenen ereignen und neue Eigenschaften hervorbringen, die die Kostbarkeit unseres Lebens ausmachen. Umgekehrt wird meine Studie auch darzustellen versuchen, was die Folgen sind, wenn der Zyklus von Zusammenwirkungen ausfällt. Wenn sich die Austauschvorgänge zwischen Menschen vermindern, oder wenn sie unverständlich oder verletzend werden, führen sie zu Konflikten, zu Streit, zu Krieg. In diesen Fällen kann wohl nur die Herbeiführung einer neuen Stimmung von Vermittlung zu neuem Vertrauen führen. Ein anderes Beispiel: Wenn sich die Austauschvorgänge in der Natur erschöpfen, führt das zum Tod. Und schliesslich im subatomaren Bereich: Der Ausfall von Austauschvorgängen ist ganz einfach mit unserem Universum nicht vereinbar.

Diese Überlegung erlaubt eine neue Sichtweise auf unsere Welt, die über die konventionelle Sichtweise der reinen Beobachtung hinausführt. Unsere übliche Vorstellung von belebten und unbelebten Objekten, mit ihren Grenzen, Oberflä-

chen, Konturen weicht dann einem sanften und poetischen Begreifen unseres Universums, jenem des universellen Austausches auf allen Ebenen. Dieses Zusammenwirken verwischt die Kanten und Ecken des Sichtbaren und lässt das Unwahrscheinliche, die Emergenz, aufleben.

Ich schaue zum Fenster hinaus: Der Garten erblüht in allen Schattierungen von Grün, aufgefrischt durch die Farben der Blumen. Einige Vögel schnappen nach Krümeln, fliegen dann auf zu einem unbestimmten Ziel. Meine Enkelkinder springen umher bei einem soeben erfundenen Spiel, das gleich verebbt. Alles ist ruhig, still. Und doch ist mir gewärtig, dass diese fast unbewegte Schönheit auf unzähligen Austauschvorgängen und Zusammenwirkungen in der Luft und im Wasser, zwischen den Pflanzen, den Tieren, den Kindern beruht, im Unsichtbaren und Unbeschreiblichen. Das möchte ich in dieser Studie mit Ihnen teilen.

