

Vorwort: Das Problem mit dem Helfen

Die vielleicht grundlegendste Frage der Philosophie und, ja, auch der Physik lautet: „Warum macht sich das Universum die Mühe, zu existieren?“ Wäre es nicht so viel einfacher, wenn es nichts gäbe? Offensichtlich ist das Universum nicht an Einfachheit interessiert. Mehr noch: Es macht die Sache ständig komplizierter. Es hätte einen Urknall geben können, und das wäre es dann gewesen. Intuitiv wäre das die logische Konsequenz: ein lauter Knall, den keiner hört, und Scherben, die niemand mehr zusammenbekommt. Physikalisch korrekter, aber weniger dramatisch: Das Universum dehnt sich aus, kühlt ab, und Materie verteilt sich immer weiter. Es hätte langfristig auf eine ziemlich gleichförmige, ereignisarme Welt hinauslaufen können. Aber, wie erwähnt, ist das Universum offensichtlich nicht an Einfachheit interessiert.

Finden wir uns also damit ab und überlegen: Wie bitte hat das Universum uns hingekriegt? Durch welchen Zaubertrick gelingt es ihm, Sonnen und Diamanten, Gras, Bäume und Planeten, Sternschnuppen und den ganzen Rest entstehen zu lassen? Ich spoilere mal: Es ist die Kraft der Kooperation – wobei ich den Begriff zunächst sehr weit fassen und im Laufe des Buches Stück für Stück schärfen werde.

Ein einzelnes Wasserstoffatom kann noch nicht besonders viel. Kohlenstoffatome dagegen können sich mit anderen Atomen verbinden und dadurch komplexe Moleküle bilden. Aus Molekülen können chemische Systeme entstehen, die sich selbst erhalten und vermehren. Das kann zum Beispiel die DNA, die Erbinformation. Eine Zelle kann Stoffe aufnehmen und verarbeiten, ein Organismus kann atmen, laufen und Kirschen essen. Mehrere Organismen können gemeinsam jagen, sich gegenseitig schützen oder ihre Jungen aufziehen. Menschen können darüber hinaus Geschichten erzählen, Städte bauen und Wissen über Generationen weitergeben. Und inzwischen können wir sogar mit einer künstlichen Intelligenz zusammenarbeiten. Der Weg der Evolution führt über Zusammenarbeit und das damit einhergehende Hervortreten neuer Möglichkeiten.

Damit Kooperation wird mit jeder Organisationsstufe der Materie komplexer und mächtiger. Auf der untersten Stufe steht die bloße Wechselwirkung: Teilchen ziehen einander an, stoßen sich ab oder verwandeln sich ineinander. Das ist zwar noch ziemlich weit entfernt von Kooperation im Alltagssinn. Niemand hilft hier irgendwem. Aber Wechselwirkungen bilden die Grundlage von allem, was folgt und selbst das Universum hat ja mal klein angefangen.

Durch das Zusammenspiel von Atomen entsteht etwas Neues und die Materie gewinnt damit neue Möglichkeiten der Interaktion. Ein einzelnes Wassermolekül ist nicht nass; Nässe gibt es erst in Gesellschaft. Und Flüssigkeiten können zu Säuren werden, also zu Stoffen, die neue Reaktionen zwischen Molekülen ermöglichen. Die Wissenschaft spricht hier von Emergenz: Aus dem Zusammenwirken von Bestandteilen entstehen Eigenschaften und Fähigkeiten, die sich nicht einfach aus den Eigenschaften der Einzelteile ablesen lassen. Und das gilt eben auch für die Kooperation als Fähigkeit. Emergenz verwandelt Kooperation durch die Zunahme an Komplexität in eine immer kraftvollere Erscheinung bis hin zu dem, was wir gemeinhin als Kooperation betrachten. Dabei bleibt Kooperation abwärtskompatibel: Wir können die Vorgänge in unserem Gehirn, die wir bei unserem kooperativen Verhalten benötigen, auf die physikalischen Wechselwirkungen herunterbrechen. Aufwärtskompatibel ist unsere Welt hingegen nicht: Emergenz ist nicht vorhersagbar.

Diese rudimentäre Art der Kooperation führt zu der Schönheit der Kristalle und zu Molekülen, die über ihr komplexes Zusammenwirken schließlich auf den Pfad der Biologie und der damit verbundenen Evolution gelangen. Auf der Ebene der Biologie sprechen wir dann von Kooperation im engeren Sinn: Individuen wirken so zusammen, dass daraus ein Nutzen für sie selbst oder für andere entsteht. Evolutionär interessant wird es besonders dann, wenn Kooperation zunächst Kosten verursacht und der Nutzen geteilt werden muss. Denn dabei geht es um Fairness und Betrug.

Hier ein Teaser: Stellen wir uns einen Jäger in der afrikanischen Savanne vor. Stundenlang ist er unterwegs. Dann endlich: Er hat Erfolg. Ein großes Tier liegt erlegt vor ihm. Es ist der Lohn von Ausdauer, Geschicklichkeit, Anstrengung und Risiko, und es ist ein guter Tag. Aber kaum ist die Jagd

vorbei, beginnt die eigentliche Geschichte. Denn das erlegte Tier gehört ihm nicht allein. Man erwartet, dass er seine Beute teilt; auch diejenigen bekommen ihren Anteil, die bei dieser Jagd keine eigene Anstrengung unternommen haben. Es ist eine Geschichte aus Tansania und spielt bei den Hadza, einer der am besten untersuchten Jäger-und-Sammler-Gesellschaften der Gegenwart. Betrachten wir es kurz durch die Augen des Jägers: Stunden der Suche, körperliche Anstrengung und das Risiko, von einem verletzten Tier angegriffen zu werden oder auf eine Schlange zu treten liegen hinter ihm – und oft kehrt er mit leeren Händen zurück. Jetzt aber ist die Jagd gelungen, und alle im Camp erwarten, etwas abzubekommen. Immerhin erhält er Dankbarkeit und Anerkennung, die sich vielleicht an anderer Stelle auszahlen. Und er erwartet, ebenso wie er teilt, an der Jagdbeute anderer Jäger beteiligt zu werden.

Leider gibt es einen im Camp, der sich insgeheim fragt: Warum stundenlang durch die Savanne laufen, Energie verschwenden und das Risiko eingehen, mit leeren Händen zurückzukommen? Er könnte auch einfach warten. Irgendjemand wird schon jagen, irgendjemand wird schon Erfolg haben, und wenn das Tier erst einmal erlegt ist, steht auch ihm ein Stück Fleisch zu. Das ist der Twist in der Geschichte der Kooperation: Warum nicht die Früchte der Zusammenarbeit einsacken, sich aber die Mühen der Jagd sparen? Es wäre ein doppelter Gewinn! Ein Trittbrettfahrer kassiert den Nutzen, ohne Kosten zu tragen. Im direkten Vergleich steht er zunächst besser da als jemand, der kooperiert.

Hier nun beginnt das Rätsel. Wenn Egoisten von der Kooperation profitieren können, ohne ihre Kosten zu tragen, müsste sich nach der einfachen Logik der Evolution das Trittbrettfahren durchsetzen. Wer Kosten spart, könnte im Durchschnitt mehr Nachkommen hinterlassen. Kooperation, bei der einer sich abmüht und andere mit profitieren, dürfte nur ein kurzes evolutionäres Gastspiel geben. Doch das passt nicht zu unseren Beobachtungen. Zumindest wir Menschen teilen Nahrung, ziehen gemeinsam Kinder auf, helfen einander und bewältigen Aufgaben, die ein Einzelner kaum schaffen könnte.

Kooperation ist keineswegs eine seltene Ausnahme in der Evolution. Wir finden sie bei Tieren, Pflanzen, Pilzen und sogar zwischen den Bausteinen einer einzelnen Zelle. Deshalb dient der Begriff Kooperation hier als Denkfigur, die uns vom Urknall bis zu einer Raumstation auf dem Mond führt und von einem einfachen Stock zum Termiten angeln bis zum Smartphone. Denn ohne Zusammenarbeit keine Zunahme der Komplexität, ohne Kooperation gäbe es keine Kultur.

Aber, so gewaltig die Vorteile dessen sind, zusammen an etwas zu arbeiten, so rätselhaft erscheint es, dass die Evolution kooperatives Verhalten überhaupt entwickeln konnte. Dazu müssen wir zwei Fälle zu unterscheiden: Manche Zusammenarbeit zahlt sich für alle Beteiligten unmittelbar aus: Die Biene bekommt Nektar, die Blume wird bestäubt, und niemand muss sich für den anderen aufopfern. Solche Fälle sind schön, aber auch kein großes Rätsel. Biologen sprechen hier von Mutualismus: einer Wechselbeziehung zwischen Lebewesen verschiedener Arten, von der beide Seiten profitieren. Aber auch hier fallen schon Kosten an, doch sie zahlen sich für jeden Beteiligten unmittelbar aus.

Anders liegt der Fall bei Kooperation, wenn ein Individuum Kosten trägt und der Nutzen zunächst bei anderen landet. Der Jäger teilt, die Mutter füttert, der Wächter warnt und lenkt damit womöglich die Aufmerksamkeit des Räubers auf sich. Das ist das Problem mit dem Helfen. Wer anderen hilft, zahlt einen Preis; wer sich nicht um andere kümmert, spart sich diese Kosten. Damit wird die Welt der Kooperation schließlich zum Schauplatz des unermesslichen Gewinns und abgrundtiefen Betrugs.

Das macht die Geschichte der Kooperation zu einer Star-Wars-Saga: Die Jedi der Kooperation werden stets von der Dunklen Seite der Macht bedrängt. Das Perfide daran: Die gefährlichsten Gegner sind keine Fremden, sondern gefallene Jedi – Egoisten, die von der Macht profitieren, ohne ihren Preis zu zahlen.

- Wechselwirkung: Die Bausteine der Materie wirken aufeinander ein.
- Emergenz: Aus dem Zusammenwirken entsteht etwas, das kein Einzelteil allein hervorbringt.
- Kooperation im engeren Sinn: Akteure arbeiten zusammen; Kosten und Nutzen können ungleich verteilt sein.

Die Jedi und die Dunkle Seite der Macht

Star-Wars-Fans haben sich schon immer gefragt: Wann begann die heldenhafte Geschichte der Jedi? Die Antwort lautet: sehr früh in der Geschichte des Universums. In den ersten Augenblicken nach dem Urknall waren die Wechselwirkungen, die heute die Welt bestimmen, noch nicht unbedingt so voneinander getrennt, wie wir sie kennen. Im heutigen Universum unterscheiden wir vier fundamentale Wechselwirkungen: Gravitation, elektromagnetische Wechselwirkung, starke und schwache Wechselwirkung. Sie sind unsere vier Jedi. Mit Dr. Faust gesprochen: Sie halten die Welt im Innersten zusammen – und bestimmen, wie die elementaren Bestandteile der Natur aufeinander einwirken.

Und dann taucht auch gleich Darth Vader auf. Sein Name lautet hier: „zweiter Hauptsatz der Thermodynamik“. Die Entropie ist allerdings keine Kraft, die durch das Universum schleicht und alles Erreichte wieder zerstört. Sie ist eine physikalische Größe; die besagt, dass die Entropie eines abgeschlossenen Systems nicht abnimmt. Das klingt recht abstrakt und wenig nach einem Sith-Lord, kommt ihm aber näher, als man denkt. Umgangssprachlich wird Entropie gern als Maß für Unordnung beschrieben. Das Bild ist brauchbar, aber unvollständig: Präziser geht es darum, wie viele mikroskopische Zustände zu einem makroskopischen Zustand passen. Ein aufgeräumtes Zimmer kann auf sehr weniger Arten aufgeräumt erscheinen. Unordnung dagegen kann beliebig viele verschiedene Zustände annehmen. Überlässt man etwas sich selbst, wird es mit hoher Wahrscheinlichkeit unordentlicher. Klassisch ist das Bild der zerbrochenen Tasse. Eine Tasse ist eine fast einzigartige Ordnung aus Kaolin, Feldspat und Quarz. Fällt sie vom Tisch, zerspringt sie in Scherben, wobei wir nie beobachten werden, dass eine zweite ähnliche Tasse in dieselben Scherben zerfallen. Und weil wir gerade bei Scherben sind: Umgangssprachlich und etwas dramatischer besagt der zweite Hauptsatz der Thermodynamik: Alles, was komplexer wird, geht irgendwann wieder kaputt.

Die Weltbühne wird also von Wechselwirkungen bespielt, die Materie und Energie aufeinander einwirken lassen und dadurch Strukturen ermöglichen. Zugleich gilt eine statistische Gesetzmäßigkeit, nach der sich in einem abgeschlossenen System die Entropie nicht verringert. Sterne entstehen und verbrauchen ihren Brennstoff. Planeten bilden sich und kühlen ab. Lebewesen bauen hochkomplexe Strukturen auf und sterben. Die Jedi und Darth Vader sind allerdings keine zwei gleichartigen Mächte, die sich auf einem kosmischen Schlachtfeld bekämpfen: Die Wechselwirkungen beschreiben, wie physikalische Systeme miteinander wechselwirken; der zweite Hauptsatz beschreibt eine allgemeine thermodynamische Grenze für ihre Entwicklung.

Es sind, wie gesagt, vier Jedi, jeder mit einer eigenen Aufgabe. Beginnen wir ganz unten: Wenn wir die Welt auf ihre elementaren Bestandteile zurückführen, begegnen uns keine kleinen Kügelchen, die einfach nur im leeren Raum herumtreiben. Sie wechselwirken miteinander. Sie können sich anziehen, abstoßen, gebunden sein oder in andere Teilchen umgewandelt werden.

Der unscheinbarste Jedi ist die schwache Wechselwirkung, und sie hat ein Imageproblem: Sie heißt „schwach“, ist aber bei den üblichen Vergleichen der fundamentalen Wechselwirkungen stärker als die Gravitation und schwächer als die starke und die elektromagnetische Wechselwirkung. Ihre besondere Fähigkeit ist die Verwandlung: Sie kann bestimmte Teilchenarten ineinander umwandeln. Sie spielt eine zentrale Rolle bei bestimmten radioaktiven Zerfällen und bei der Kernreaktion, mit der in der Sonne Wasserstoff zu Helium verschmilzt. Ohne die schwache Wechselwirkung lief die gewöhnliche Proton-Proton-Kette, die unsere Sonne antreibt, nicht auf die bekannte Weise ab.

Die stärkste der vier Wechselwirkungen ist, ihrem Namen entsprechend, die starke Wechselwirkung. Sie bindet Quarks zu Protonen und Neutronen. Eine daraus hervorgehende Restwirkung – die starke Kernkraft – hält Protonen und Neutronen in Atomkernen zusammen. Ohne diese Wechselwirkung gäbe es keine Atomkerne und damit auch keine Chemie, wie wir sie kennen.

Der nächste Jedi ist die elektromagnetische Wechselwirkung. Sie ist für uns im Alltag wahrscheinlich die auffälligste, auch wenn wir sie selten beim Namen nennen. Sie bindet Elektronen an Atomkerne, ermöglicht Atome und Moleküle und steckt hinter vielem, was wir als Materie erfahren: chemischen

Bindungen, Licht, Elektrizität, Magnetismus, Festigkeit und Reibung. Wenn wir einen Tisch berühren, gleitet unsere Hand nicht wie die eines Geistes hindurch. Das liegt an elektromagnetischen Wechselwirkungen zwischen den Atomen von Hand und Tisch – und zugleich am quantenmechanischen Pauli-Prinzip, das verhindert, dass Elektronen beliebig dieselben Zustände einnehmen. Und wenn der Staubsauger streikt, ist der Jedi „elektromagnetische Wechselwirkung“ gerade mal unpässlich. (Meist ist allerdings nur der Beutel voll.)

Der schwächste und zugleich kosmisch mächtigste Jedi ist die Gravitation. Sie ist unglaublich schwach: Ein kleiner Magnet kann eine Büroklammer mühelos gegen die Anziehungskraft der gesamten Erde anheben. Aber die Gravitation wirkt auf Masse und Energie, ist im Alltag stets anziehend und ihre Wirkung summiert sich über große Entfernungen. Deshalb formt sie im kosmischen Maßstab Planeten, Sterne, Sonnensysteme, Galaxien und Galaxienhaufen. Die Gravitation ist der große Architekt des Universums. Und ist, nebenbei bemerkt, dafür zuständig, dass Äpfel vom Baum runter auf den Boden fallen.

All das klingt für Sie vielleicht noch nicht wirklich nach Jedi, nach Dunkler Seite der Macht, nach Kooperation und Betrug. Aber alle Dinge fangen klein an. Wenn wir einen Blumentopf betrachten, bemerken wir nicht, dass Topf, Erde und Blume auf der untersten Ebene aus Atomen bestehen – und auch nicht, was diese Atome zusammenhält. So ist es auch mit unserem weit gefassten Kooperationsbegriff: Ganz unten steht die Wechselwirkung, also unsere vier Jedi brauchen noch keine Lichtschwerter. Sie haben etwas sehr viel Mächtigeres und Geheimnisvolleres: Sie ermöglichen, dass etwas Neues entsteht, das wiederum Dinge kann, die seine Bestandteile allein nicht können. Und so, wie aus Atomen am Ende ein Blumentopf mit Erde und Blume entstehen, kann aus den anwachsenden Möglichkeiten der Kooperation schließlich auch das entstehen, was wir im Alltag Kooperation nennen. Seien Sie sicher: Wenn Sie kooperieren, ist die Macht mit Ihnen!

Wäre es nicht schön, wenn dann alles so bliebe: Autos würden nicht kaputtgehen, und wir würden nicht sterben. Aber in der kosmischen Geschichte von Gut und Böse gibt es halt noch Darth Vader, die Entropie. Und dieser Lord auf der Dunklen Seite der Macht ist raffinierter, als er aussieht. Die Entropie ist keine wirklich böse Kraft, die gegen die vier Wechselwirkungen antritt. Das wäre physikalisch falsch, denn die Wechselwirkungen und der zweite Hauptsatz beschreiben unterschiedliche Dinge. Der zweite Hauptsatz verbietet die Entstehung von Ordnung keineswegs. Er besagt, dass die Entropie eines abgeschlossenen Systems insgesamt nicht abnimmt. Ein Kühlschrank zeigt, wie lokale Ordnung entstehen oder erhalten werden kann: Er kühlt seinen Innenraum, benötigt dafür Energie und gibt Wärme an die Küche ab. Die Entropie im Kühlschrank kann sinken; in der Umgebung steigt sie dafür stärker, sodass die Gesamtentropie zunimmt. Ein Lebewesen macht etwas Ähnliches, nur aufwändiger: Es baut seinen Körper auf, repariert Zellen, erzeugt Proteine, hält seine Körpertemperatur und bewegt sich. Dafür nimmt es Energie und Stoffe auf und gibt Wärme sowie Stoffwechselprodukte an die Umwelt ab.

Das Leben gewinnt seine Ordnung also nicht gegen den zweiten Hauptsatz, sondern nutzt Energie- und Entropiegefälle. Die Sonne liefert der Erde Strahlung mit hoher mittlerer Energie pro Photon. Die Erde gibt Energie wieder ins Weltall ab, überwiegend als Infrarotstrahlung mit niedrigerer mittlerer Energie pro Photon. Dazwischen liegt eine gewaltige Kaskade von Prozessen: Wetter, Ozeane, Photosynthese, Stoffkreisläufe und schließlich die Evolution des Lebens. Darth Vader verhindert also nicht, dass etwas entsteht. Er sorgt auch nicht zielgerichtet dafür, dass alles kaputtgeht. Vielmehr begrenzt der zweite Hauptsatz, welche Prozesse möglich sind, und macht deutlich, dass Ordnung in offenen Systemen auf Kosten von Energiezufuhr und Entropieabgabe an die Umgebung entstehen kann. Und wer den Film kennt, weiß: Auch Darth Vader war nicht das ultimative Böse. Als Auserwählter sollte er am Ende das Gleichgewicht der Macht wiederherstellen. Als Metapher passt das: Thermodynamische Systeme entwickeln sich häufig in Richtung eines Gleichgewichts – auch wenn das Universum insgesamt viel komplexer ist als ein einzelnes Zimmer oder ein Kühlschrank.

Das geheimnisvolle Molekül

Stellen wir uns die junge Erde vor: Weit und breit kein Mensch, keine Tiere, keine Pflanzen, nicht einmal Bakterien. Kein Leben, nur Gestein, Wasser, Atmosphäre und eine gewaltige Zahl von Molekülen, die sich bewegen, zusammenstoßen, zerfallen und sich neu verbinden. Die Chemie arbeitet auf Hochtouren, aber keiner weiß, wozu.

Dann geschieht etwas Unerhörtes. Wie genau, weiß die Wissenschaft bis heute nicht. Klar ist nur, was irgendwann gelungen sein muss: Es entstehen chemische Systeme, Replikatoren, die ihre eigene Vermehrung ermöglichen. Vielleicht war daran ein Molekül beteiligt, vielleicht ein Zusammenspiel mehrerer Moleküle. Entscheidend ist nicht, dass ein Molekül entsteht – Moleküle entstehen ständig. Neu wäre, dass eine bestimmte Struktur dazu beiträgt, weitere Exemplare derselben oder einer ähnlichen Struktur hervorzubringen.

Vielleicht hilft ein einfaches Bild: Ich lege eine Zeichnung auf einen Fotokopierer und drücke einen Knopf. Der Kopierer erzeugt eine Kopie der Vorlage. Aber er kann keinen neuen Kopierer herstellen. Hier ist es anders: Seine Struktur trägt dazu bei – mithilfe geeigneter Bausteine und chemischer Prozesse in der Umgebung – weitere Exemplare derselben Art hervorzubringen. Das Molekül erledigt die Arbeit nicht allein. Es braucht Material, Energie und passende Bedingungen. Bis dahin gab es Chemie, aber jetzt Evolution im darwinistischen Sinn. Moleküle entstehen und zerfallen; manche sind stabiler, andere reagieren schneller. Nun können bestimmte Eigenschaften über eine Folge von Generationen erhalten bleiben –solange die Kopien hinreichend ähnlich sind. Es entstehen laufend Abweichungen vom Original, Variationen. Varianten, deren Erbinformation erfolgreicher weitergegeben wird, können in späteren Generationen häufiger vertreten sein. Andere verschwinden. Im Rückblick sieht das aus, als hätte das Leben ein Ziel: die Weitergabe seiner Erbinformation.

Es ist das Wirken der Macht, das Werk unserer Jedi: Die Grundkräfte ermöglichen, dass Materie zusammenkommt und aus Teilchen Atome und aus Atomen Moleküle werden. Doch sobald komplexere Strukturen entstanden sind, taucht Darth Vader auf: Er ist der Geist, der stets verneint! Und das mit Recht; denn alles, was entsteht, ist wert, dass es zugrunde geht. Moleküle reagieren, werden durch Strahlung verändert oder durch chemische Prozesse abgebaut. Die Thermodynamik kennt kein Erbarmen.

Doch ein Replikator hat einen Trick – sofern die Bedingungen stimmen: Er kann weitere Exemplare hervorbringen, bevor alle vorhandenen Exemplare zerfallen sind. Damit besiegt er die Thermodynamik nicht. Jedes einzelne Molekül bleibt vergänglich; die Vermehrung sorgt lediglich dafür, dass die betreffende Struktur weiterbestehen kann, obwohl ihre einzelnen Träger verschwinden. Nicht Unsterblichkeit ist der Trick, sondern fortgesetzte Erneuerung.

Die Evolution hat keinen Plan, und niemand sitzt am Steuer. Aber wenn eine Struktur häufiger und zuverlässiger vervielfältigt wird als konkurrierende Varianten, kann sie sich durchsetzen. Das hängt nicht allein von der Geschwindigkeit ab: Auch Stabilität, verfügbare Bausteine, Energie und die chemische Umgebung spielen eine Rolle. Und manchmal einfach nur der Zufall. Und sobald Kopien nicht vollkommen identisch sind, können manche Varianten im jeweiligen Umfeld erfolgreicher sein als andere. Zugleich sind Bausteine und Energie begrenzt. So entsteht Selektion.

Selektion ist kein moralischer Richter. Sie fragt nicht nach Gut und Böse, sondern beschreibt, welche Varianten sich unter bestimmten Bedingungen fortpflanzen. Damit ist sie eher ein Kopfgeldjäger als ein Sith-Lord – auch wenn sie in unserer Star-Wars-Geschichte auf der dunklen Seite zu stehen scheint. Sie sortiert. Fehlerhafte oder weniger erfolgreiche Kopien fallen ihr zum Opfer; Varianten, die sich besser bewähren, können sich ausbreiten. So wird aus Vermehrung zusammen mit Variation und Selektion ein evolutionärer Prozess, der über viele Generationen immer komplexeres hervorbringen kann. Die Jedi hatten keinen Weg gefunden, Vergänglichkeit abzuschaffen. Sie hatten etwas Raffinierteres entdeckt: Erneuerung durch Vermehrung.

Was hat das mit Kooperation zu tun? Nun, ein Replikator wirkt nicht losgelöst von seiner Umgebung. Er braucht Bausteine, Energie und geeignete Bedingungen. Zusammen mit der Umwelt kommt etwas zustande, das keiner dieser Faktoren für sich allein leisten könnte. Noch verhandelt niemand, niemand hilft freiwillig, und es gibt noch keinen Akteur, der Kosten trägt oder betrügen könnte. Aber es ist ein Anfang, eine weitere Stufe der Komplexität. Aber das, was gerade seinen Anfang genommen hat, wird die komplette Erde mit einem gewaltigen Netzwerk aus Akteuren überziehen, die gegenseitig aufeinander angewiesen sind.

Weltumspannende Kooperation der Biosphäre

In den 1960er-Jahren bekommt diese Netzwerk einen Namen. Der britische Chemiker James Lovelock sollte für die NASA überlegen, wie man Leben auf dem Mars nachweisen könnte. Er kam auf eine ebenso einfache wie verblüffende Idee: Man muss gar nicht hinfliegen, es genügt ein Blick in die Atmosphäre. Ein Planet ohne Leben hat eine Lufthülle im chemischen Gleichgewicht. Die Erde dagegen enthält gleichzeitig Sauerstoff und Methan, zwei Gase, die miteinander reagieren und sich so gegenseitig verbrauchen müssten. Dass beide dauerhaft nebeneinander existieren, verrät: Hier wird ständig nachgeliefert. Ergo: Hier lebt etwas. Zusammen mit der Mikrobiologin Lynn Margulis machte Lovelock aus dieser Überlegung die Gaia-Hypothese, benannt nach der griechischen Erdgöttin. Ihr Kern: Leben und Umwelt bilden ein gekoppeltes System, das Temperatur, Gaszusammensetzung und Salzgehalt der Meere über lange Zeit in einem lebensfreundlichen Bereich hält.

Gaia ist keine Göttin, die uns liebhat, und kein Superorganismus, der Pläne schmiedet. Die starke Version, die Erde als Ganzes als eine Art Lebewesen zu betrachten, lehnen die meisten Wissenschaftler ab. Anerkannt ist dagegen: Die Umwelt formt das Leben und das Leben formt seine Umwelt – man beeinflusst sich gegenseitig. Wir wissen heute, dass die Details komplizierter sind, als Lovelock 1978 noch dachte, aber das Prinzip hat sich bestätigt: Das Leben ist an der Regelung seiner eigenen Lebensbedingungen beteiligt.

Machen wir uns James Lovelocks Überlegung noch einmal am Beispiel einer Maus klar. Diese könnte auf dem Mars nicht überleben, weil es kein Sauerstoff zum Atmen, und keine Pflanzensamen zum Fressen geben würde – ohne eine vollständige Biosphäre kann kein höherer Organismus existieren. Auf unserer Erde nehmen Pflanzen, Algen und Cyanobakterien Kohlendioxid auf, bauen daraus Zucker und entlassen Sauerstoff. Etwa die Hälfte davon stammt dabei von winzigen Lebewesen im Meer. Sauerstoff ist für die Produzenten eine Art Abfall. Tiere, Pilze und Bakterien betreiben den Recyclinghof: Sie verbrennen die organischen Stoffe mit Hilfe des Sauerstoffs wieder und geben Kohlendioxid zurück. Wir Tiere sind in dieser Geschichte keine Herren, sondern Kunden. Jeder Atemzug ist eine Lieferung, der Pflanzen und Algen. Und wir begleichen die Rechnung mit unserer ausgeatmeten Luft, mit der wir CO₂ abgeben, den wiederum die Pflanzen und Algen benötigen. Was für die einen Abfall ist, ist für die anderen Rohstoff. Niemand hat das verabredet, niemand trägt mehr als nötig Kosten, und niemand kann betrügen. Es ist ein globaler Mutualismus, eine Kooperation im Planetenmaßstab, und sie funktioniert seit Hunderten von Millionen Jahren. Die Pflanzen beliefern uns, wir beliefern die Pflanzen. Zwei Seiten einer Bilanz.

Über die Äonen ging es allerdings nicht immer harmonisch zu. Vor rund 2,4 Milliarden Jahren überschwemmten die Cyanobakterien die Atmosphäre mit dem ersten freien Sauerstoff und veränderten die Umwelt damit dramatisch. Für die meisten damaligen Lebewesen war der auftauchende freie Sauerstoff in der Atmosphäre ein Gift. Es folgte ein gewaltiges Massensterben. Aber die Dunkle Seite der Macht obsiegte nicht dauerhaft – neue Lebewesen entwickelten sich und integrierten den Sauerstoff in ihren Stoffwechsel. Die globale Umweltverschmutzung, die die Cyanobakterien verursachten, erwies sich schließlich als Segen: Ohne freien Sauerstoff in der Atmosphäre gäbe es heute keine Tiere und Menschen.

Der Zorn der Göttin Gaia

Der Mensch ist das erste Lebewesen, das dieses Netz bewusst verändern und bewusst begreifen kann. Und hier wird es ungemütlich. Pflanzen haben über viele Millionen Jahre Kohlenstoff in Kohle, Erdöl und Gas vergraben. Wir holen diesen Kohlenstoff in wenigen Jahrzehnten wieder heraus und verbrennen ihn. Es ist, als würden wir das Sparbuch des Planeten auflösen, das Pflanzen über Jahrmillionen gefüllt haben, und zwar an einem einzigen Wochenende. Die Folgen sind bekannt: Der CO₂-Gehalt der Atmosphäre ist von etwa 280 ppm vor der Industrialisierung auf über 420 ppm gestiegen. Wir drehen im großen Stil an einem der wichtigsten Regler des Weltklimas.

Vor Neufundland galt der Kabeljau als unerschöpflich, bis die Bestände Anfang der 1990er-Jahre zusammenbrachen. Nach Angaben der FAO gilt heute gut ein Drittel der bewerteten Fischbestände als überfischt. Auch die winzigen Meeresbewohner, die einen großen Teil unseres Sauerstoffs liefern, leben in diesem Netz. In deutschen Schutzgebieten ging die Biomasse der Fluginsekten innerhalb von 27 Jahren um mehr als 75 Prozent zurück. Das trifft auch die Bestäuber unserer Nutzpflanzen. Der Ökologe Garrett Hardin nannte dieses Muster 1968 die „Tragödie der Allmende“: Wenn jeder nur auf den eigenen Vorteil achtet, ruiniert die Gemeinschaft ihre gemeinsame Grundlage. Wir werden uns mit dieser Tragödie noch näher beschäftigen.

Hier statt dessen ein Lichtblick, denn es geht auch anders. Als man in den 1980er-Jahren entdeckte, dass bestimmte Chemikalien (FCKW) die Ozonschicht zerstören, einigten sich die Staaten 1987 im Montrealer Protokoll auf ein Verbot, und die Ozonschicht erholt sich seitdem. Das zeigt, dass Kooperation auch im ganz großen Stil funktioniert, wenn man das Netz ernst nimmt. Und das ist die Botschaft hinter Gaia, egal wie man zur Hypothese im Einzelnen steht: Wir sind nicht die Herren dieses Netzwerks, sondern Partner in einem uralten Tauschgeschäft. Und wer in einem Tauschgeschäft anfängt, nur noch zu nehmen, wird auf Dauer keine Geschäftspartner mehr haben.

Kooperation über Artengrenzen hinweg

Betrachten wir diesen globalen Mutualismus von Gaia kurz auf der Ebene verschiedener Lebensformen, denn die Kooperationen zwischen verschiedenen Arten gehören zu den erstaunlichsten Beziehungen im Organismenreich. Sie zeigen, dass wir Kooperation nicht als Privileg der menschlichen Spezies betrachten können, sondern den Begriff viel weiter fassen müssen. Lebewesen können miteinander Beziehungen eingehen, von denen beide profitieren – obwohl sie aus ganz unterschiedlichen biologischen Lagern stammen und ganz unterschiedliche Interessen und Fähigkeiten besitzen.

Weit verbreitet ist die Zusammenarbeit zwischen Bienen und Blütenpflanzen. Die Biene sucht Nektar und Pollen, die Pflanze benötigt einen Bestäuber. Während die Biene von Blüte zu Blüte fliegt, trägt sie Pollen von einer Pflanze zur nächsten. Was für die Biene Nahrung ist, wird für die Pflanze zur Voraussetzung ihrer sexuellen Fortpflanzung. Keine Biene muss wissen, dass sie gerade zur Fortpflanzung einer Pflanze beiträgt. Die Kooperation entsteht aus ihrem Verhalten ganz von selbst.

Eine lange übersehene Zusammenarbeit finden wir im Wald zwischen Pflanzen und Pilzen im Boden. Mykorrhizapilze wachsen mit ihren feinen Fäden in Verbindung mit den Wurzeln von Pflanzen. Das Pilzgeflecht kann Wasser und Mineralstoffe aus dem Boden besonders effizient erschließen. Die Pflanze liefert dem Pilz dafür energiereiche organische Kohlenstoffverbindungen, die sie mithilfe der Photosynthese hergestellt hat. Zwei völlig verschiedene Organismen teilen sich also gewissermaßen ihre Fähigkeiten: Der Pilz ist ein Spezialist für die Erschließung des Bodens, die Pflanze für die Gewinnung von Energie aus Licht.

Auch der Clownfisch und die Seeanemone haben eine bemerkenswerte Partnerschaft entwickelt. Der Fisch findet zwischen den giftigen Tentakeln der Anemone Schutz vor Fressfeinden. Im Gegenzug düngt er die Anemone mit seinen Ausscheidungen, verbessert durch seine Bewegung die

Wasserzirkulation um sie herum und vertreibt Fische, die an der Anemone knabbern wollen. Beide leben dabei gewissermaßen im Schutzbereich des anderen.

Eine Art Dienstleistung erbringen Putzerfische an großen Riffischen. Sie entfernen Parasiten und abgestorbenes Gewebe von der Haut ihrer Kunden und ernähren sich dabei von dem, was sie entfernen. Die großen Fische lassen die kleinen Helfer gewähren und verzichten darauf, sie zu fressen. An bestimmten „Putzstationen“ warten die Kunden sogar darauf, an die Reihe zu kommen. Putzerfische arbeiten als Gesundheitsdienstleister und werden dafür in Naturalien bezahlt.

Was all diese Beispiele verbindet, ist ein einfaches Prinzip: Jeder bringt etwas ein, das der andere gebrauchen kann. Der eine besitzt Fähigkeiten, die dem anderen fehlen, und umgekehrt. Kooperation entsteht damit nicht trotz der Unterschiede, sondern oft gerade aus ihnen. Aus unterschiedlichen Fähigkeiten kann eine Arbeitsteilung entstehen, bei der beide Seiten profitieren. Diese Formen der Kooperation setzen weder gleiche Interessen noch gemeinsame Absichten voraus. Es genügt, dass zwei Lebewesen etwas können, was dem jeweils anderen nützt.

Innerartliche Kooperation I

Wenn wir von der Zusammenarbeit zwischen den Arten zur Kooperation innerhalb einer Art kommen, landen wir unvermittelt in einem Minenfeld. Hier treffen zwei Kräfte direkt aufeinander: Jeder Organismus muss seinen eigenen Fortpflanzungserfolg sichern und gerät damit in Konkurrenz um Nahrung, Raum und Paarungspartner. Zugleich ermöglicht ihm Kooperation, Dinge zu erreichen, die er allein nicht erreichen könnte. Beide Kräfte wirken gleichzeitig.

Wir haben gesehen, dass sich die Interessen zwischen verschiedenen Arten ergänzen konnten. Die Biene bekam Nektar, die Blume bekam Bestäubung. Der Pilz erschloss Mineralstoffe, die Pflanze lieferte Kohlenstoffverbindungen. Beide Seiten konnten gewinnen, ohne dass der Gewinn des einen den Verlust des anderen bedeuten musste. Innerhalb einer Art ist das anders. Die Mitglieder einer Gruppe haben zwar gemeinsame Interessen, aber eben auch sehr ähnliche Bedürfnisse. Und damit beginnt die eigentliche Geschichte der innerartlichen Kooperation: Die Dunkle Seite der Macht begrüßt einen neuen Sith-Lord mit dem Namen Konkurrenz. Kooperation und Konkurrenz sind oft zwei Seiten derselben Münze.

Kooperation ist selten kostenlos. Jemand trägt die Kosten, jemand erntet den Nutzen, und selten sind es dieselben in gleichem Maß. Schauen wir uns an, wie die Natur diese Rechnung löst. Wir werden sehen: Das ist leider gar nicht so weit vom menschlichen Verhalten entfernt. Tiere ziehen gemeinsam Nachwuchs auf, wehren Feinde ab, jagen zusammen, teilen Nahrung, warnen einander und lernen voneinander. Manche pflegen über Jahre hinweg bevorzugte soziale Beziehungen - Freundschaften.

Beginnen wir mit der einfachsten Form: dem Zusammenrücken. Viele Fische schwimmen gemeinsam, statt jeder für sich durch das Meer zu ziehen. Ein einzelner Fisch ist für einen Räuber ein leichtes Ziel, ein Schwarm dagegen ist schwerer zu überblicken und noch schwerer gezielt anzugreifen. Die Nähe zu vielen Artgenossen bedeutet also einen gewissen Schutz. Ähnliches gilt für einige Vogelarten. Stare bilden riesige Schwärme, die bei Gefahr scheinbar wie ein einziger Organismus die Richtung ändern. Wer hier eine große Verschwörung der Fische gegen die Haie oder von Staren gegen Habichte vermutet, muss enttäuscht werden. Der Schwarm ist weniger ein Pakt als ein Gedränge. Der Biologe William D. Hamilton beschrieb 1971 die „egoistische Herde“: Jedes Tier versucht, sich so zu platzieren, dass möglichst viele andere näher am Räuber stehen als es selbst. Der Schutz ist ein Nebenprodukt egoistischer Interessen und kein Opfer für die anderen. Man kooperiert hier gewissermaßen aus Versehen.

Zebras und Gnus ziehen in großen Herden durch die afrikanische Savanne. Viele Augen entdecken einen Räuber früher als zwei, und bei manchen Arten kann die Gruppe einen Angriff sogar gemeinsam abwehren. Bei Gefahr bilden die erwachsenen Moschusochsen einen Ring und stellen die Jungtiere in die Mitte. Der Räuber hat es dann mit einer ziemlich unangenehmen Wand aus Hörnern

zu tun. Hier trägt der Einzelne ein echtes Risiko, denn wer am Ring steht, steht dem Räuber im Weg. Das ist mehr als ein Gedränge.

Auch bei Vögeln ist gemeinsame Verteidigung weit verbreitet. Das sogenannte Mobbing funktioniert so: Mehrere kleinere Vögel schließen sich gegen einen Greifvogel zusammen und vertreiben ihn. Für den einzelnen Vogel wäre das riskant, gemeinsam lässt sich der Räuber mit geringerem individuellem Risiko attackieren. Erdmännchen können potenzielle Feinde ebenfalls gemeinsam attackieren oder vertreiben. Schimpansen reagieren auf gefährliche Raubtiere mit gemeinsamer Alarmierung und können Leoparden aktiv vertreiben. Wird dabei jemand verletzt, kann er von Artgenossen gepflegt werden.

Noch ertragreicher wird Kooperation bei der Jagd, und hier wird auch die Kostenfrage unübersehbar. Alle Mitglieder einer Gruppe wollen fressen. Wenn zehn Fische denselben Nahrungspartikel entdecken, gibt es zehn Interessenten, aber nur einen Happen. Ein einzelner Wolf kann ein großes Beutetier möglicherweise nicht allein überwältigen. Im Rudel können die Wölfe es gemeinsam verfolgen, einkreisen und schließlich erlegen. Jeder trägt zum Erfolg bei, und keiner hätte ihn allein in gleicher Weise erreicht. Aber dann muss die Beute geteilt werden. Reicht sie nicht für alle, haben wir das Problem klar vor Augen: Jeder Wolf versucht, sich einen möglichst großen Teil zu sichern. Der Sith-Lord zieht schon einmal sein rotes Lichtschwert.

Besonders eindrucksvoll wird es, wenn sich die Beteiligten die Arbeit teilen. Löwen sind ein klassisches Beispiel für kooperative Jagd mit Arbeitsteilung: Vor allem die Löwinnen übernehmen unterschiedliche Positionen und Aufgaben, manche treiben die Beute, andere schneiden Fluchtwege ab. Auch bei Delfinen und anderen Zahnwalen übernehmen Individuen unterschiedliche Rollen. Noch interessanter ist, dass sich dabei Jagdtechniken entwickeln können, die innerhalb der Gruppe weitergegeben werden. Dazu kommen wir in einem späteren Kapitel.

Bei der Brutpflege erscheint das Problem zunächst weniger dramatisch, und doch ist sie eine der eindrucksvollsten Formen innerartlicher Kooperation. Eltern suchen Nahrung, füttern den Nachwuchs, wärmen ihn, schützen ihn vor Feinden und verteidigen ihn gegen Angreifer. Bei vielen Arten kümmert sich nicht nur die Mutter um die Jungen. Auch Väter und sogar andere Gruppenmitglieder helfen mit. Erdmännchen leben in Gruppen, in denen meist nur ein dominantes Paar Nachwuchs erzeugt, während andere Tiere als Helfer die Jungen füttern und bewachen. Bei Afrikanischen Wildhunden kümmern sich nicht nur die Elterntiere um die Welpen, sondern auch erwachsene Tiere, die gerade keinen Nachwuchs aufziehen: Sie bringen Nahrung zur Wurfhöhle, würgen Fleisch für die noch zu kleinen Jungen hervor und schützen sie vor Gefahren. Kooperative Brutpflege gibt es auch bei zahlreichen Vogelarten, bei denen ältere Nachkommen oder andere Gruppenmitglieder bei der Aufzucht helfen.

Auch hier ist Kooperation mit Kosten verbunden. Wer ein Jungtier füttert, muss selbst Nahrung beschaffen. Wer es bewacht, kann in dieser Zeit nicht selbst nach Futter suchen. Wer es gegen einen Räuber verteidigt, setzt sich möglicherweise selbst einem Risiko aus. Dafür ist der Lohn kein beliebiger gemeinsamer Gewinn, sondern etwas, das für die Evolution von entscheidender Bedeutung ist: ein überlebendes und später fortpflanzungsfähiges Jungtier. Bei den Eltern ist es der eigene Nachwuchs, bei den Helfern meist der von Verwandten – auch dazu kommen wir noch.

Durch Selektion setzen sich diejenigen Merkmale und Verhaltensweisen eher durch, die dazu beitragen, dass die genetische Information eines Organismus erfolgreich in die nächste Generation gelangt. Das einzelne Lebewesen ist vergänglich und wird nicht ewig leben. Entscheidend ist, dass es Nachkommen hervorbringt, die ihrerseits wieder Nachkommen hervorbringen können. Für dieses Vorhaben kann Kooperation ein ausgesprochen wirksames Mittel sein.

Ein weiteres kooperatives Muster ist das Teilen von Nahrung. Das vielleicht berühmteste Beispiel finden wir bei den Vampirfledermäusen. Sie ernähren sich ausschließlich von Blut und überstehen längeres Fasten schlecht. Tiere, die erfolgreich Nahrung gefunden haben, würgen Blut für hungrige Artgenossen hervor. Dabei spielt neben der Verwandtschaft auch die Möglichkeit späterer Gegenseitigkeit eine Rolle: das Prinzip des reziproken Altruismus. Ich helfe dir heute und erwarte,

dass du mir morgen hilfst. Auch Schimpansen teilen Nahrung, wobei die soziale Beziehung zwischen den beteiligten Tieren eine wichtige Rolle spielen kann.

Darth Vader und die Qualitätskontrolle des Lebens

In der Biosphäre treffen wir nicht nur auf Kooperation sondern überall auch unseren alten Gegenspieler. Und eigentlich scheint die Sache ziemlich klar: Die Jedi bauen auf, Darth Vader zerstört. Die einen erschaffen Ordnung, der andere verbreitet Chaos. Aber vielleicht haben wir Vader vorschnell verurteilt. Denn in der Natur gibt es eine ziemlich unangenehme Wahrheit: Ohne Zerstörung geht es nicht.

Stellen wir uns eine Welt vor, in der niemand gefressen wird. Alle Lebewesen dürfen überleben, sich vermehren und ihre Gene weitergeben, ganz gleich, wie gut sie mit ihrer Umwelt zurechtkommen. Das klingt zunächst ausgesprochen freundlich. Aber was würde passieren, wenn schlecht angepasste Individuen ebenso viele Nachkommen hinterlassen wie besonders gut angepasste? Die Natur hat auf das Problem der schädlichen Mutationen eine Antwort, die wir Menschen nicht unbedingt sympathisch finden: Nicht jeder bekommt dieselben Chancen, nicht jeder kommt durch. Die durch Mutationen entstehenden Nachkommen bringen nur äußerst selten Verbesserungen mit auf die Welt. Viel häufiger müssen sie mit neutralen oder nachteiligen Veränderungen in ihrem Genom klarkommen. Das ist nicht überraschend. Ein komplexes System, dessen Bestandteile über viele Generationen aufeinander abgestimmt wurden, wird durch eine zufällige Veränderung in der Regel beeinträchtigt. Dass eine Veränderung das System verbessert, ist der seltene Glücksfall.

Aber Mutationen entstehen ständig. Eine veränderte DNA wird kopiert und weitergegeben – sofern ihrem Träger gelungen ist, sich fortpflanzt. Aber dann kommt der Auftritt von Darth Vader im Gewandt der Selektion. Er lauert diesen Nachkommen mit dem roten Lichtschwert auf. Wir begegnen ihm als Virus, als Bakterium, als Parasit, als Raubtier. Ein Fuchs fängt eine Maus. Ein Raubvogel erwischt ein Kaninchen. Ein Fisch wird von einem größeren Fisch verschluckt. Das ist kein Vergnügen für die Betroffenen, und die Natur veranstaltet dabei keine Gerechtigkeitsprüfung und oft bestimmt nur der Zufall, wen es trifft. Aber die Folgen reichen über das einzelne Opfer hinaus. Räuber beeinflussen die Größe und Zusammensetzung von Beutepopulationen.

Die Evolution braucht nicht nur Erfinder, sondern auch eine Qualitätskontrolle. Die Mutation liefert das neue Material; die Selektion sortiert bevorzugt das aus, was sich nicht bewährt. Ohne Selektion könnten sich schädliche Mutationen ungehinderter ansammeln und die Fortpflanzungsfähigkeit einer Population beeinträchtigen. Darth Vader hat eine überraschende Rolle. Indem er aussieht, trägt er dazu bei, dass sich nicht jede Veränderung ungeachtet ihrer Folgen durchsetzt. Der dunkle Lord kämpfen, ohne es zu wissen, auf der Seite der evolutionären Macht.

Und was hat das mit Kooperation zu tun? Sehr viel. Denn auch kooperative Systeme müssen mit den Folgen ihrer eigenen Funktionsweise zurechtkommen. Eine Lebensgemeinschaft braucht nicht nur Organismen, die Stoffe produzieren, Nahrung weitergeben oder abgestorbenes Material zersetzen. Sie besteht ebenso aus Konkurrenz, Krankheit, Räuber-Beute-Beziehungen und dem damit einhergehenden Selektionsprozessen, die auf die beteiligten Populationen wirken. Kooperation und Konkurrenz sind keine getrennten Welten. Sie greifen ineinander.

Vielleicht sollten wir unsere Star-Wars-Metapher deshalb etwas eingrenzen. Die Jedi stehen für Prozesse, durch die neue Strukturen und Fähigkeiten entstehen. Darth Vader steht für Kräfte und Prozesse, die begrenzen, zerstören und aussortieren. Beide Seiten sind an der Entstehung und Veränderung komplexer Systeme beteiligt. Kooperation muss nicht nur funktionieren. Sie muss auch mit dem umgehen können, was sie gefährdet. Die entscheidende Frage lautet deshalb nicht so sehr, wie Kooperation entsteht, sondern, wie sie sich behaupten kann.

Der Trittbrettfahrer

Da jeder Organismus seinen eigenen Fortpflanzungserfolg sichern möchte, ist die Konkurrenz um Nahrung, Raum und Paarungspartner ein beherrschendes Thema der Biologie. Daher ist es nicht verwunderlich, dass im Spannungsfeld zwischen Kooperation und Konkurrenz ein weiterer Erzschorke auftaucht. Er ist einer der mächtigsten Sith-Lords der Galaxis, sein Name: Trittbrettfahrer. Der Trittbrettfahrer hat eine ganz besondere Begabung: Er beteiligt sich nicht an der Kooperation – aber er versteht es hervorragend, von ihr zu profitieren. Leider ist er in der Natur ständig präsent. Verwandt mit ihm, aber streng genommen kein Trittbrettfahrer, ist der klassische Parasit: Zecken, Läuse, Bandwürmer oder Blutegel nutzen keine Kooperation, sondern schlicht einen Wirt. Sie zapfen Blut ab, lassen sich ernähren oder nutzen den Körper ihres Wirtes als Transportmittel und Lebensraum. Der Wirt trägt die Kosten, der Parasit kassiert den Nutzen.

Das ist bereits ziemlich dreist. Aber die Evolution kann noch weit raffinierter. Nehmen wir den Kuckuck. Das Weibchen baut kein eigenes Nest, brütet seine Eier nicht selbst aus und füttert seine Jungen auch nicht. Stattdessen legt es sein Ei in das Nest eines anderen Vogels. Die Wirtseltern übernehmen anschließend die gesamte Arbeit. Sie brüten das fremde Ei aus, füttern den jungen Kuckuck und ziehen ihn groß – oft auf Kosten ihrer eigenen Jungen. Der Kuckuck ist nicht einfach ein Parasit, der irgendwo auf einem Wirt sitzt. Er nutzt vielmehr eine bereits vorhandene Kooperation: die Brutpflege. Die Wirtseltern investieren Zeit, Energie und Nahrung in ihren Nachwuchs – und der Kuckuck sorgt dafür, dass ein Teil dieser Investition in seinen eigenen Nachwuchs fließt.

Manchmal geht die Ausbeutung noch sehr viel weiter: Es gibt Ameisenarten, die andere Ameisen regelrecht versklaven. Sklavenhalterameisen überfallen die Nester anderer Arten, rauben deren Larven und Puppen und schleppen sie in ihr eigenes Nest. Die geschlüpften Ameisen arbeiten anschließend für die Kolonie ihrer Entführer: Sie pflegen die Brut, sammeln Nahrung und verteidigen das Nest. Bei manchen Sklavenhalterameisen besteht ein so großer Teil der Arbeiter aus geraubten Ameisen, dass die Sklavenhalter selbst bestimmte Tätigkeiten kaum noch ausführen können. Damit wird aus dem Trittbrettfahren beinahe eine Institution. Die Kooperation der geraubten Ameisen – ihre ausgeklügelte Arbeitsteilung, Brutpflege und Nahrungsbeschaffung – bleibt erhalten. Nur die Früchte dieser Kooperation werden von einer anderen Art abgegriffen.

Einer der vielleicht elegantesten Trittbrettfahrer sitzt gar nicht auf einem Tier, sondern wächst im Boden. Orchideen der Gattung *Ophrys* (Ragwurz) haben eine besonders raffinierte Methode entwickelt: Ihre Blüten imitieren Aussehen, Geruch und teilweise auch andere Merkmale eines Weibchens einer Insektenart. Das Männchen hält die Blüte für ein Weibchen und versucht, sich mit ihr zu paaren. Dabei nimmt es die Pollenpakete der Orchidee mit und überträgt sie später auf eine andere Blüte. Die Orchidee nutzt also das Paarungsverhalten des Insekts für ihre eigene Fortpflanzung, das Insekt bekommt dafür – nichts. Ein klassischer Betrug!

Und dann gibt es auch noch eine besonders brutale Form des Trittbrettfahrens: den Kleptoparasitismus, den Diebstahl fremder Nahrung. Fregattvögel verfolgen beispielsweise Tölpel in der Luft und bedrängen sie so lange, bis diese ihre gerade gefangene Beute hervorwürgen. Der Fregattvogel schnappt sie sich anschließend. Er hat die Beute also nicht selbst gefangen. Er lässt andere die Arbeit erledigen und raubt ihnen anschließend den Erfolg: Warum selbst fischen, wenn man einen Fischer ausrauben kann?

Eine subtile eher harmlose Form der Trittbrettfahrerei ist die Bates'sche Mimikry. Viele harmlose Schwebfliegen tragen schwarz-gelbe Muster, die an Wespen erinnern. Räuber meiden Wespen, denn die können stechen. Ihre harmlosen Nachahmer besitzen diese Verteidigung nicht – profitieren aber davon, dass ein Räuber das Warnsignal „schwarz-gelbes Muster“ bereits gelernt hat. Die wehrhafte Art hat das Warnsignal entwickelt, der Räuber hat gelernt, es zu respektieren – und der harmlose Nachahmer fährt kostenlos mit. Das ist Trittbrettfahren auf der Ebene der Information. Die Wespe bezahlt die Rechnung für Stachel und Gift, die Nachahmer halten lediglich das richtige Warnschild hoch.

Wir finden den Trittbrettfahrer also in ganz unterschiedlichen Gestalten: als Parasit im weiteren Sinn, als Kuckuck im fremden Nest, als Ameise, die fremde Arbeiter versklavt, als Orchidee, die Insekten betrügt, als Fregattvogel, der fremde Beute stiehlt, oder als harmlose Schwebfliege, die sich mit dem Warnsignal einer wehrhaften Art tarnt. Die Strategien sind unterschiedlich. Das Prinzip ist immer ähnlich: Jemand anderes trägt die Kosten – und der Trittbrettfahrer kassiert den Nutzen.

Kompliziert wird es bei den Putzerfischen. Auf Korallenriffen gibt es, wie bereits erzählt, eine Kooperation zwischen den kleinen Putzerfischen und größeren „Kundenfischen“. Die Kunden kommen zu den Putzstationen, wo ihnen die Putzerfische Parasiten und abgestorbenes Gewebe von der Haut fressen. Der Kunde wird sauberer, der Putzerfisch bekommt Nahrung. Eine klassische Win-win-Situation. Aber gelegentlich hat ein Putzerfisch ein Problem: Der Schleim seiner Kunden schmeckt ihm besser als die Parasiten darauf. Dann wird der Putzerfisch zum Trittbrettfahrer: Er beißt ein Stückchen Schleim oder Gewebe vom Kunden ab. Für den Putzer ist das eine zusätzliche Mahlzeit, für den Kunden eine unerwünschte Behandlung. Wissenschaftler sprechen deshalb von „cheating“, also Betrug. Hier zeigt sich etwas besonders Interessantes: Der Putzerfisch ist nicht von Natur aus ein Betrüger. Er kann zwischen Fairness und Betrug wählen und versucht, den Gewinn aus der Kooperation zu seinen Gunsten zu vergrößern, wenn es ihm opportun erscheint. Der Trittbrettfahrer ist nicht der Gegenspieler zur Kooperation, er ist ihr Schatten. Denn ohne Kooperation gäbe es nichts, worauf er aufspringen könnte. Sein Markenzeichen ist: Er profitiert, ohne die Kosten zu tragen.

Die Tragik der Allmende

Wir hatten im Zusammenhang mit den globalen Herausforderungen wie dem Klimawandel, der Überfischung oder dem Insektensterben schon auf die Tragik der Allmende verwiesen. Wenn der Trittbrettfahrer dreist ist, so ist Tragik der Allmende vor allem durch Dummheit gekennzeichnet. Stellen wir uns eine Weide vor, die allen Bauern eines Dorfes gehört. Jeder darf seine Tiere dort grasen lassen, so viele er möchte. Solange es insgesamt nicht zu viele sind, funktioniert das prima. Allerdings: Ein weiteres Tier würde einem Bauern einen persönlichen Zusatznutzen bringen – mehr Milch, mehr Fleisch, mehr Einkommen. Der Schaden, den dieses Tier durch zusätzliche Grasnutzung verursachen würde, verteilt sich dagegen auf alle Bauern. Für den Einzelnen lautet die Rechnung also: Der Nutzen gehört mir, die Kosten tragen wir gemeinsam. Der Ökologe Garrett Hardin nannte das 1968 die Tragik der Allmende. Würden alle nach derselben Logik handeln, wäre die gemeinsame Ressource bald übernutzt. Für jeden Einzelnen klingt es vernünftig, möglichst viel Vieh auf die Weide zu stellen, und das führt für die Dorfgemeinschaft in die Katastrophe. Dafür muss niemand böswillig sein. Und damit sind wir wieder beim Trittbrettfahrer. Er muss nicht einmal besonders raffiniert sein. Es genügt, dass er erkennt: Wenn die anderen kooperieren, kann ich vom Ergebnis profitieren, ohne selbst meinen Beitrag zu leisten.

Und es gibt noch eine andere, geradezu spiegelbildliche Variante dieses Problems. Ein Leuchtturm ist eine wunderbare Erfindung. Er steht da, leuchtet, warnt Schiffe vor Klippen und Untiefen und weist ihnen den Weg. Und davon profitieren alle, egal, ob man für den Bau mitbezahlt hat oder nicht. Für jeden Reeder ist es daher verlockend, sich nicht am Bau eines Leuchtturms zu beteiligen. Das macht die Sache schwierig, jemanden dazu zu bringen, für den Bau zu bezahlen. Bei der Allmende lautet die Versuchung: Ich nehme noch ein bisschen mehr als mir zusteht. Beim Leuchtturm lautet sie: Warum sollte ich mich beteiligen, wenn ich den Nutzen auch so haben kann? In beiden Fällen entsteht ein ähnliches Dilemma für eine Gemeinschaft, und der Trittbrettfahrer hat jetzt zwei neue Lieblingsplätze: auf der überweideten Allmende – und unter dem Licht des Leuchtturms.

Wenn jeder nur seinen individuellen Vorteil verfolgt, scheitert Kooperation. Und doch haben es Menschen immer wieder fertiggebracht, Fischgründe, Weiden, Wälder, Bewässerungssysteme und andere gemeinsame Ressourcen zu organisieren. Kommunikation, Vertrauen, Normen und die Möglichkeit, sich selbst Regeln zu geben, verändern die Situation erheblich. Zahlreiche Gemeinschaften haben über lange Zeit funktionierende Regeln entwickelt, etwa

Zugangsbeschränkungen, Überwachung, abgestufte Sanktionen und Verfahren zur Konfliktlösung. Die Politikwissenschaftlerin Elinor Ostrom hat solche Gemeinschaften weltweit untersucht. Auch hier schon einmal ein Spoiler: In prähistorischer Zeit wurde der Gewinn des kooperativen Verhaltens wohl gleichmäßiger verteilt als heute, und aber im Laufe der Geschichte ging es selten fair zu.

Die Übernutzung der Allmende kam tatsächlich vor, aber vor allem dort, wo Ressourcen offen zugänglich sind. Bei Fischbeständen, Grundwasser, Atmosphäre oder globalen CO₂-Emissionen ist das Problem heute besonders groß, weil die Nutzerzahl riesig ist und die Betroffenen nicht einfach gemeinsam Regeln aushandeln können. Damit ist das Problem für große nationale oder globale Gemeingüter wesentlich relevanter als für kleine lokale Gemeinschaften. Das gibt uns einen ersten Hinweis darauf, dass mit dem Anwachsen einer Bevölkerung das Problem des Trittbrettfahrens größer wird. Und hier dazu noch ein Spoiler: Irgendwann konnte das Problem nur noch Gott lösen! Und es gibt noch einen anderen interessanten historischen Befund: Manchmal entstand die Tragödie erst dadurch, dass bestehende gemeinschaftliche Nutzungsregeln zerstört wurden und aus einem regulierten Allgemeingut ein Open-Access-System wurde.

Das Gefangenendilemma

Trittbrettfahren bietet offenbar große Vorteile, Egoismus scheint gewinnbringender als Kooperation. Genau das hatten Mathematiker Anfang der 1950er Jahre nachgerechnet, und zwar bei der RAND Corporation in Kalifornien, einem Think Tank, der unter anderem die amerikanische Luftwaffe in Strategiefragen beriet. Merrill Flood und Melvin Dresher ersannen dort ein kleines Spiel, und der Mathematiker Albert Tucker lieferte wenig später die Geschichte dazu, mit der es berühmt wurde. Es hat eine gewisse Folgerichtigkeit, dass ein Institut, das einen möglichen Atomkrieg analysieren sollte, dem Misstrauen so gründlich auf die Spur kam.

Erzählen wir die Geschichte wieder mit Star-Wars-Besetzung. Zwei Schmuggler, nennen wir sie Han und Lando, werden vom Imperium geschnappt und in getrennten Zellen verhört. Sie können sich nicht absprechen. Die beiden kennen sich zwar, aber für die Zwecke dieser Geschichte tun wir so, als wären sie einander fremd und würden sich auch nie wiedersehen. Das wird gleich noch wichtig. Der Offizier macht jedem dasselbe Angebot: Wer seinen Komplizen und die Hintermänner verrät, während der andere schweigt, kommt sofort frei, und der Schweigende bekommt fünf Jahre. Verraten sich beide, bekommen beide drei Jahre, da die Verantwortung für die Taten nicht eindeutig zugeordnet werden kann. Schweigen beide, reicht es nur für eine längere Untersuchungshaft, und beide kommen mit einem Jahr davon.

Strafen im Gefangenendilemma (in Haftjahren)

	Lando schweigt	Lando verrät
Han schweigt	Han 1 Jahr, Lando 1 Jahr	Han 5 Jahre, Lando frei
Han verrät	Han frei, Lando 5 Jahre	Han 3 Jahre, Lando 3 Jahre

Han rechnet seine Möglichkeiten durch: Schweigt Lando, ist Verrat besser, denn dann kommt er frei, statt ein Jahr zu sitzen. Verrät Lando ihn, ist Verrat ebenfalls besser, denn dann sind es drei Jahre statt fünf. Egal, was Lando macht: Verrat zahlt sich für Han aus. Die Mathematiker nennen das eine dominante Strategie. Weil Lando genauso rechnet, verraten sich beide und sitzen je drei Jahre ab. Hätten beide geschwiegen, wären es je ein Jahr gewesen. Das ist das Dilemma: Was für jeden Einzelnen vernünftig erscheint, ist für beide zusammen schlecht. In diesem Dilemma steht Schweigen für die Kooperation, Verrat ist Trittbrettfahren. Das Gefangenendilemma spricht eindeutig für die Dunkle Seite der Macht, die Jedi scheinen keine Chance zu haben.

Das Gefangenendilemma ist eng mit der Tragik der Allmende verwandt: Auch dort ist es für jeden Einzelnen vernünftig, zu nehmen, was er bekommen kann, und auch dort stehen am Ende alle schlechter da. Und der Leuchtturm? Hier fallen zuerst die Kosten an, und dann profitieren alle vom Nutzen. Warum also zahlen – es werden sich schon genügend Dumme finden. Heute betrifft das Dilemma der Allmende im globalen Maßstab die Fischbestände der Meere, unser Grundwasser, die Luftverschmutzung zusammen mit dem globalen CO₂-Eintrag und die Toiletten auf Raststätten. Und bangen Herzens müssen wir uns fragen: Kann hier noch ein Yoda auftauchen, der die Sache hinbiegt? Mal sehen. Damit haben wir einen Arbeitsauftrag für die Jedi: Jedi müssen dafür sorgen, dass Einzelne die gemeinsamen Ressourcen nicht übernutzen und müssen Wege finden, wie sich alle an den Kosten für etwas beteiligen, von dem später alle profitieren.

Die Rückkehr der Jedi-Ritter

Jahrzehntelang schien das Dilemma, in dem die Gefangenen stecken, entschieden: Egoismus gewinnt. Zumindest schien die Mathematik dafür zu sprechen: Wer seinen eigenen Vorteil maximiert, verrät. Die Biologen konnten ebenfalls gute Gründe dafür anführen. Die Evolution begünstigt schließlich Merkmale, die den Fortpflanzungserfolg erhöhen. Wer Kosten spart, hat unter Umständen mehr Ressourcen für seine Nachkommen übrig. Und um Nachkommen geht es schließlich, zumindest in der gesamten Tier- und Pflanzenwelt. Thomas Hobbes hätte genickt: Lebewesen führen einen Krieg aller gegen alle. Aber es gab doch einen gewichtigen Einwand: Irgendwie hielten sich weder Mensch noch Tier immer an diese logische Selbstverständlichkeit, irgendwie mischten da doch Jedi mit.

Kooperation unter Verwandten konnten die Biologen zunächst erklären: Wer seinen Verwandten hilft, kann damit auch die Verbreitung von Genvarianten fördern, die er mit ihnen teilt. William D. Hamilton beschrieb diesen Mechanismus 1964 als Verwandtenselektion. Richard Dawkins' „Das egoistische Gen“ machte die Konsequenz 1976 zum Bestseller, wenn auch oft missverstanden.

Das war ein Anfang. Ein entscheidender Schritt zur Rückkehr der Jedi-Ritter beruhte aber auf einer einfachen Beobachtung: Im Leben begegnet man einander selten nur einmal: Das Restaurant an der Autobahnraststätte, das ein Urlauber wahrscheinlich nie wieder besuchen wird, kann an der Qualität sparen. Die Pizzeria im Dorf, in der man öfter einkehrt, kann sich das weniger gut leisten. Wer seine Gäste nur einmal bedient, kann kurzfristig profitieren; wer möchte, dass sie wiederkommen, muss anders kalkulieren. Und damit haben wir einen neuen aufstrebenden Jedi mit dem Namen „reziproker Altruismus“. Der Biologe Robert Trivers beschrieb ihn erstmals 1971. Dieser Jedi kämpft mit dem Lichtschwert „Gegenseitigkeit“ – es ist die Hand, die die andere wäscht. Das klappt nur, wenn man einander wiedererkennt, sich erinnert und Betrüger meiden oder bestrafen kann. Dazu später mehr. Als vorläufiges Ergebnis können wir festhalten: Bei einer einmaligen Begegnung kann Verrat einen Vorteil bringen. Bei wiederholten Begegnungen kann Kooperation vorteilhaft werden.

Ende der 1970er-Jahre konnten Wissenschaftler diese Idee auch am Computer untersuchen. Der Politikwissenschaftler Robert Axelrod veranstaltete ein Turnier der besonderen Art: Er lud Fachleute ein, Computerprogramme zu schreiben, die das wiederholte Gefangenendilemma spielen. Gewonnen hatte der Mathematiker und Psychologe Anatol Rapoport mit einem der einfachsten Programme überhaupt: „Tit for Tat“, auf Deutsch „Wie du mir, so ich dir“. Das Programm kooperiert in der ersten Runde und macht danach immer das, was der andere in der Runde davor gemacht hat. Mehr nicht. Axelrod hob vier Eigenschaften hervor, die den Erfolg des Programms erklären. Dieser Jedi beginnt nie mit Verrat, ist nachsichtig, denn sobald der andere wieder kooperiert, kooperiert er ebenfalls. Er ist durchschaubar, das Gegenüber begreift schnell, woran es ist. Und – das wird uns noch beschäftigen: Dieser Jedi hat ein Lichtschwert, er ist vergeltungsfähig: Auf einen Verrat folgt Verrat, sodass sich Verrat nicht dauerhaft auszahlt. Diese Eigenschaften der Strategie: Tit for Tat führen offenbar dazu, dass sich Gegenseitigkeit gegen reinen Egoismus behaupten kann. Das Gefangenendilemma verschiebt damit das Rätsel, wie Kooperation sich entwickeln kann: Die Frage lautet nicht mehr, ob Kooperation unter Egoisten möglich ist, sondern unter welchen Bedingungen.

Man braucht wiederholte Begegnungen, Wiedererkennen und Gedächtnis – und eine Zukunft, deren Ende nicht feststeht. Wo das gegeben ist, wird Verrat oft zum schlechten Geschäft.

Von der Notwendigkeit der Jedi

Bis hierher ging es darum, wann Kooperation sich lohnt. Doch selbst wenn sich Zusammenarbeit auszahlt, verschwindet die Konkurrenz nicht. Lebewesen müssen auch dann miteinander zurechtkommen, wenn sie dieselbe Ressource wollen. Das folgende Falke-Taube-Spiel zeigt, warum in einer solchen Welt weder grenzenlose Aggression noch grenzenlose Nachgiebigkeit immer erfolgreich sein müssen.

Das Gefangenendilemma hat uns eine unbequeme Wahrheit beschert: Bei einer einmaligen Begegnung kann Verrat vorteilhaft sein. Und es hat uns eine tröstliche geschenkt: Bei wiederholten Begegnungen kann Kooperation bestehen. Aber das Gefangenendilemma deckt noch nicht das folgende Problem ab: Was passiert eigentlich, wenn es ums Eingemachte geht – um Reviere, Partner, Nahrung, Geld, Gold und Öl? Ist der Gewinn nur groß genug, schrumpft die Bereitschaft, zu kooperieren. Dafür brauchen wir ein etwas anderes Spiel, das die Biologen John Maynard Smith und George Price 1973 vorgestellt haben. Es hat zwei Spieler, zwei Strategien und einen Schönheitsfehler: Es ist ein bisschen gefährlicher als das Gefangenendilemma. Unsere Spieler und ihre Strategien sind: der Falke: Er droht, greift an und eskaliert, bis der andere flieht oder er selbst verletzt ist. Ihm gegenüber steht die Taube: Sie droht höchstens und zieht sich spätestens zurück, sobald der andere ernst macht.

Nehmen wir an, es handelt sich um zwei Hunde, die sich um einen Knochen streiten. Der Knochen ist etwas wert, sagen wir 50 Punkte (Nahrung, Fortpflanzungschancen, Revier – Evolutionsbiologen rechnen in Nachkommen, wir bleiben bei Punkten). Eine ernsthafte Verletzung dagegen kostet -100 Punkte: Wer verletzt ist, findet schwerer Futter, ist leichtere Beute und kann sich seltener fortpflanzen. Die entscheidende Annahme lautet also: Das Kämpfen kostet mehr, als der Sieg wert ist. Daraus ergibt sich die Auszahlung für jede Begegnung:

Auszahlungen im Falke-Taube-Spiel (in Punkten)

Begegnung	Ergebnis
Taube trifft Taube	Man teilt sich den Knochen (oder wirft eine Münze): im Schnitt +25 für jeden.
Falke trifft Taube	Der Falke kassiert +50, die Taube geht leer aus (0).
Falke trifft Falke	Jeder gewinnt mit halber Chance (+50) oder wird verletzt (-100) – im Schnitt -25 für jeden.

Stellen wir uns eine Population vor, die ausschließlich aus Tauben besteht. Eine wunderbare Welt: Niemand wird verletzt, jeder bekommt im Schnitt +25 Punkte. Der Pazifist in uns öffnet schon einmal die Sektflasche. Aber dann taucht ein aggressiver Mutant auf, ein Falke. Er trifft ausschließlich Tauben, die vor ihm zurückweichen, und kassiert jedes Mal volle +50 Punkte – doppelt so viel wie alle anderen. Seine Gene breiten sich aus. Der Falke gewinnt nicht unbedingt, weil er stärker oder klüger wäre, sondern weil er in einer Welt voller Nachgiebiger der Einzige ist, der nicht nachgibt. Die traurige Erkenntnis lautet: Reiner Pazifismus ist unter diesen Modellannahmen evolutionär nicht stabil. Pazifismus gerät ins Wanken, sobald ein Sith auftaucht. C-3PO („Ich bin nicht für Kämpfe

gebaut, Sir!“) mag sehr sympathisch sein – aber er wird in einer Welt, in der er schutzlos auf einen Sith trifft, nicht zum Gründer einer Dynastie.

Überraschender Weise ist auch das umgekehrte Szenario, evolutionär betrachtet, nicht stabil. Eine Population aus lauter Falken prügelt sich ständig: Die Tiere gewinnen (+50 P.) oder verlieren (–100 P.) und kommen im Schnitt auf miserable –25 Punkte. Eine einzelne Taube, die sich unter sie mischt, bekommt zwar nie den Knochen, aber auch keine Prügel: Die schwarze Null ist besser als –25 Punkte. Die Taube wird sich rascher vermehren, die Welt der Falken ist auch nicht stabil. Weder nur Friedfertige noch nur Kämpfer können die Bühne allein bespielen. Die Welt benötigt ein Gleichgewicht der Macht. Die Evolutionsbiologen sprechen von einer evolutionär stabilen Strategie, wenn eine Strategie gegen das Eindringen seltener Alternativen bestehen kann. Dabei gibt es allerdings eine wichtige Einschränkung: Dass auch die Welt der Falken instabil ist, gilt nur, solange ein Kampf teurer ist, als die Beute einbringt. Ist der Knochen mehr wert als jede Verletzung, wird der Falke zum Dauergewinner, und die Tauben haben das Nachsehen. Dieser Punkt wird uns später noch beschäftigen.

Ein Gleichgewicht zwischen Tauben und Falken kann auf unterschiedliche Weise zustande kommen: Entweder gibt es verschiedene Individuen, von denen manche überwiegend aggressiv und andere eher nachgiebig sind, oder dieselben Individuen zeigen je nach Begegnung unterschiedliches Verhalten. Wie bei Anakin Skywalker kann sich ein bisschen Jedi und ein bisschen Sith in derselben Person finden. In beiden Fällen gelten zwei Faustregeln: Je gefährlicher das Kämpfen ist, desto seltener lohnt sich eine aggressive Strategie und: Je wertvoller die Beute, desto eher lohnt sich der Kampf.

Wo Waffen tödlich sind, wird eher gedroht als gebissen. Die Logik erinnert an das Gleichgewicht des Schreckens zwischen Atommächten: Wer damit rechnen muss, selbst vernichtet zu werden, hat einen starken Grund, seine Waffen nicht einzusetzen. Das ist kein vollständiges Modell internationaler Politik, aber es illustriert denselben Grundgedanken: Die Kosten einer Eskalation können so hoch werden, dass Zurückhaltung zur vernünftigeren Strategie wird.

Innerartliche Kooperation II

Wiederholte Begegnungen, Wiedererkennen, Gedächtnis und eine offene Zukunft sind Voraussetzungen für kooperatives Verhalten unter Egoisten, aber sie sind noch kein Grund, warum man kooperieren sollte. Um diesen Gründern auf die Spur zu kommen, gucken wir zunächst wieder ins Tierreich: Ein gewisser Teil tierischer Kooperation sieht zunächst unspektakulär aus. Tiere sitzen beieinander, putzen sich, spielen miteinander oder halten Körperkontakt. Dabei werden zwar, ähnlich wie bei den Putzerfischen, Parasiten und Schmutz entfernt, doch Grooming hat bei Primaten eine zusätzliche, eine soziale Funktion. Tiere pflegen bevorzugt bestimmte Partner, und langfristig bestehen zwischen manchen Individuen besonders stabile Beziehungen. Kooperation schafft hier die Grundlage für stabile Beziehungen und gegenseitige Unterstützung. Denn wer in einer Gruppe lebt, muss mit Konflikten umgehen können. Wenn Gruppenmitglieder für Jagd, Brutpflege und Verteidigung voneinander abhängig sind, kann ein dauerhafter Streit teuer werden. Kooperation setzt deshalb soziale Fähigkeiten voraus – und sie schafft zugleich Anreize, diese Fähigkeiten zu entwickeln und einzusetzen. Damit ergibt sich folgende Logik: Kooperation kann einen Mehrwert erzeugen. Wer diesen Mehrwert erreichen will, ist häufig auf andere angewiesen. Damit benötigt Kooperation soziale Fähigkeiten.

Der reziproke Altruismus

Das Gefangenendilemma hat gezeigt, warum sich Freundlichkeit lohnen kann, wenn man sich wieder begegnet. Offen ist, wie so etwas wie die Bereitschaft zur Kooperation in der Natur überhaupt entstehen konnte, wenn doch das Trittbrettfahren so attraktiv ist. Für Darwin jedenfalls war vor

allem der Altruismus ein Ärgernis. Wenn im Daseinskampf der Tauglichste überlebt, warum sollte dann ein Tier einem anderen helfen, zumal wenn das Helfen zunächst Kosten verursacht?

Eine erste systematische Antwort auf das Rätsel gab 1964 William D. Hamilton, derselbe Hamilton, der uns schon die egoistische Herde beschert hat. Seine Idee: Gene können sich nicht nur über die eigenen Nachkommen vermehren, sondern auch über Verwandte, denn die tragen mit erheblicher Wahrscheinlichkeit Kopien der eigenen Gene. Wer seinem Bruder hilft, hilft auch den Genen, die Brüder miteinander teilen. Biologen nennen das Verwandtenselektion. Der Biologe J. B. S. Haldane soll das Prinzip schon Jahre zuvor in einer Kneipe auf einem Bierdeckel überschlagen haben: Er würde sein Leben für zwei Brüder oder acht Vettern geben. Geschwister teilen im Durchschnitt die Hälfte ihrer Genvarianten, Vettern nur ein Achtel; zwei Brüder oder acht Vettern tragen also zusammen rechnerisch so viele Kopien wie er selbst. Ob die Anekdote genau so stattgefunden hat, ist ungewiss, aber sie ist zu gut, um sie nicht zu erzählen. Verwandtenselektion erklärt vieles von dem, was wir bei der Brutpflege gesehen haben: die Erdmännchen, die den Nachwuchs des dominanten Paares füttern, oder die Wildhunde, die Fleisch für die Welpen ihrer Geschwister hervorwürgen. Aber sie erklärt nur die Hilfe unter Verwandten. Warum Nichtverwandte sich helfen, bleibt ein Rätsel.

Im Jahr 1971 veröffentlichte der Evolutionsbiologe Robert Trivers einen Aufsatz mit dem Titel „The Evolution of Reciprocal Altruism“. Seine Idee beruhte auf einer einfachen Überlegung: Hilfe für Nichtverwandte kann sich lohnen, wenn sie zeitversetzt zurückgezahlt wird. Ich gebe dir heute etwas und vertraue darauf, dass du mir morgen etwas geben wirst. Der Altruismus ist dann eine Art Kredit. Hier merken wir uns schon einmal: Wir werden einen Teil unserer Vorleistung nicht zurückbekommen, es gibt immer ein Ausfallrisiko. Deshalb erwarten wir eine Verzinsung unserer Hilfeleistung. Dass Kooperation insgesamt einen Mehrwert erzeugt, ist dafür eine wichtige Voraussetzung – aber keine Garantie.

Der reziproke Altruismus beruht auf der Logik, die uns schon im Gefangenendilemma begegnet ist, nur in die Sprache der Biologie übersetzt: Wer sich wieder begegnet, kann Freundlichkeit mit Freundlichkeit vergelten. Trivers nannte einige Voraussetzungen, damit so ein System überhaupt entstehen kann: Die Hilfe kostet den Geber wenig und nützt dem Empfänger viel. Die Beteiligten begegnen einander immer wieder. Wer jemanden nur einmal im Leben trifft, hat keinen Grund, ihm etwas zu schenken. Die Tiere erkennen einander individuell. Sie erinnern sich daran, wer geholfen hat und wer nicht. Die Rollen wechseln: Mal ist der eine in Not, mal der andere.

Das sind eine ganze Menge Anforderungen. Und so ist es auch: Reziproker Altruismus ist keine Erfindung, die in jeder Tierart auftaucht, sondern eher ein Sonderfall für Arten mit stabilen Gruppen, langem Leben und gutem Gedächtnis. Wo ein Tausch möglich ist, ist der Betrug nicht weit. Aus der Dunklen Seite der Macht raunt es: Warum nicht nehmen, aber nicht zurückgeben? Ein Tier, das Hilfe annimmt und sich dann verdrückt, spart die Kosten und kassiert den Nutzen. Wo Betrug möglich ist, ist der Trittbrettfahrer nicht weit.

Trivers sah die Gefahr früh. Seine Lösung: Ein System der Gegenseitigkeit kann nur stabil bleiben, wenn Betrüger erkannt und ausgeschlossen werden. Wer nicht zurückgibt, bekommt beim nächsten Mal nichts mehr. Das setzt Gedächtnis voraus, und es setzt wiederholte Begegnungen voraus, weil die Strafe sonst ins Leere läuft. Trivers hielt es sogar für möglich, dass Gefühle wie Sympathie, Dankbarkeit oder Empörung entstanden sind, weil sie diese Buchhaltung erleichtern. Frans de Waal hat daraus später den Gedanken entwickelt, dass Tiere gar nicht rechnen müssen: Gefühle erledigen die Buchführung nebenbei. Welche Strategie der Gegenseitigkeit sich langfristig gegen Betrüger behaupten kann, ist eine der spannendsten Fragen der Kooperationsforschung – „Tit for Tat“ war nur der Anfang. Das Gefangenendilemma hat uns die Richtung gewiesen: Gegenseitigkeit lohnt sich, solange man sich wieder begegnet und Betrug nicht ungestraft bleibt.

Der strikte reziproke Altruismus ist im Tierreich schwieriger nachzuweisen, als es zunächst scheint. Dass Tiere zusammenarbeiten, ist damit keineswegs bestritten. Nur folgt aus beobachteter Kooperation nicht automatisch, dass ein Tier heute auf eigene Kosten hilft, um später eine Gegenleistung zu erhalten. Manche Kooperation beruht auf unmittelbaren gemeinsamen Vorteilen,

andere auf Verwandtschaft oder weiteren Mechanismen. Beim Menschen ist der Fall einfacher, denn hier ist Gegenseitigkeit allgegenwärtig: Wir leihen, tauschen, laden ein und laden zurück. Und wir haben das Gedächtnisproblem elegant gelöst, indem wir es ausgelagert haben, nämlich an den Klatsch. Wer beobachtet, wie sich jemand verhält, kann es weitererzählen, und plötzlich muss man nicht mehr jeden persönlich kennen, um zu wissen, ob er sich als zuverlässig erwiesen hat. Hilfe kann dann auch an Dritte fließen, die einen guten Ruf haben. Zurück bekommen wir unsere gute Tat dann von jemand anderem vergolten. Menschen leben in einem Netzwerk gegenseitiger Hilfeleistungen. Biologen sprechen von indirekter Reziprozität. Sie ist einer der Gründe, warum der Mensch zu einer so ungewöhnlich kooperativen Art geworden ist. Eine verwandte Leistung erbringt das Geld. Ich kaufe beim Bäcker ein Brot und bezahle es. Der Bäcker kann das Geld später für eine andere Leistung verwenden. Geld ermöglicht damit einen Tausch über viele Beteiligte hinweg, ohne dass jeder jedem persönlich etwas schuldet. Es ersetzt Vertrauen nicht, aber es macht Kooperation zwischen Fremden in einem großen Netzwerk möglich.

Daraus folgt also: Altruismus kann sich lohnen, wenn Verwandte profitieren (Verwandtenselektion) oder wenn die Hilfe später zurückkommt (reziproker Altruismus). Reziprozität ist besonders aussichtsreich, wenn der Nutzen für den Empfänger die Kosten für den Geber übersteigt und spätere Gegenleistungen möglich sind. Die klassische Form setzt Wiedererkennen und Gedächtnis voraus; deshalb ist sie im Tierreich nicht immer leicht nachzuweisen. Wo getauscht wird, wird auch betrogen. Das Problem des Trittbrettfahrers bleibt. Menschen stützen ihr Gedächtnis auf Sprache, Klatsch und persönlichen Ruf. Geld erleichtert zusätzlich den Austausch zwischen Fremden.

Die Interdependenz-Hypothese

Bisher haben wir eine ganze Reihe von Jedi kennengelernt, die auf der Seite der Kooperation kämpfen, vor allem Verwandtschaft, Wiederbegegnung, Gedächtnis und Gegenseitigkeit. Aber das reicht noch nicht aus im Kampf gegen die Dunkle Seite der Macht. Hier setzt die Interdependenz-Hypothese an, die Michael Tomasello 2012 gemeinsam mit Kollegen formulierte. Ihr Kern passt in einen Satz: Der Mensch kooperiert nicht allein deshalb, weil er nett ist, sondern weil er den anderen braucht.

Dazu zunächst eine Geschichte, die auf den Philosophen Jean-Jacques Rousseau zurückgeht und die die Spieltheoretiker bis heute lieben: die Hirschjagd. Wir holen sie nach Tatooine. Han und Chewbacca sind hungrig. Sie können gemeinsam einen Bantha jagen, was nur zu zweit gelingt und für beide reichlich Fleisch bringt. Oder jeder jagt allein eine Womp-Ratte, was weniger bringt, aber recht sicher klappt. Wir rechnen dieses Mal in Fleischpunkten: Ein gemeinsam erlegter Bantha bringt jedem sechs Punkte, eine Womp-Ratte vier. Wer dagegen allein hinter dem Bantha herrennt, während der andere längst die Ratte über dem Lagerfeuer röstet, bleibt hungrig.

Auszahlungen bei der Hirschjagd (in Fleischpunkten)

	Chewbacca jagt den Bantha	Chewbacca jagt die Womp-Ratte
Han jagt den Bantha	Han 6, Chewbacca 6	Han 0, Chewbacca 4
Han jagt die Womp-Ratte	Han 4, Chewbacca 0	Han 4, Chewbacca 4

Das ist wieder ein etwas anderes Spiel als das Gefangenendilemma. Dort war der Verrat unabhängig davon verlockend, was der andere tut. Hier ist das Problem: Wer den Bantha jagt und merkt, dass der andere mitzieht, hat nichts davon, auf die Womp-Ratte auszuweichen: Vier Punkte wären weniger als sechs. Doch was, wenn der andere nicht mitzieht und ich allein im Sand stehe? Beide Ergebnisse,

Bantha-Bantha wie Ratte-Ratte, sind stabil: Jagen beide zusammen oder beide allein, hat keiner einen Grund, einseitig zu wechseln (Spieltheoretiker sprechen von Gleichgewichten). Auf welche Jagd sich beide begeben, ist eine Frage des Vertrauens. Und Vertrauen lässt sich aufbauen, besprechen und verabreden. Im Falle der gemeinsamen Jagd sprechen Fachleute von geteilter oder gemeinsamer Intentionalität: Beide verfolgen ein Ziel, und beide wissen, dass der andere es ebenfalls verfolgt. Die Frage ist nun: Wie konnte sich diese gemeinsame Intentionalität entwickeln?

Tomasello und seine Kollegen schlagen vor, dass sich diese Entwicklung in zwei großen Schritten vollzogen haben könnte. Die Datierungen sind als Hypothese zu einer groben evolutionären Rekonstruktion zu verstehen, nicht als gesicherte historische Wegmarken. Der erste Schritt liegt in ihrem Modell ungefähr 400.000 Jahre zurück, in der Zeit von Homo heidelbergensis. Die Lebensbedingungen veränderten sich, und die Nahrungsbeschaffung wurde für die Vorfahren des Menschen zunehmend zur Gemeinschaftsaufgabe: Großwild jagen oder ergattern ging nicht mehr allein. Wer sich nicht beteiligte, bekam nichts ab. Aus der Großwildjagd wurde eine Daueraufgabe, man wurde abhängig von der Kooperation. Fachleute sprechen von einer „obligaten“ Kooperation. Daraus ergibt sich ein ganzes Bündel an Folgen:

Man wird abhängig von einer Gruppe von Mitjägern. Die richtigen Partner zu wählen wird überlebenswichtig: Gute Partner sind begehrt, wer sich drückt, wird ausgeschlossen. Die Jäger müssen sich abstimmen, Rollen verteilen und einander mitteilen, wohin es geht. Gesten und Zeigebewegungen dürften dabei eine wichtige Rolle gespielt haben, lange bevor Sprache in ihrer heutigen Form existierte. Jeder muss verstehen, welche Rolle der andere übernimmt. Beide sind aufeinander angewiesen und müssen die Perspektive des Partners berücksichtigen. Daraus entsteht ein neues „Ich und Du“. Wer die Beute ungerecht teilt, riskiert den Partner. Tomasello spricht von einer Moral der zweiten Person.

Der zweite Schritt folgte vor etwa 150.000 Jahren, mit dem modernen Menschen. Die Bevölkerung wuchs und organisierte sich verstärkt in Gruppen, die mit anderen Gruppen konkurrierten. Nun ging es nicht mehr nur um einzelne Jagdpartner, sondern um die ganze Gruppe: Wer gehört zu uns? Auf wen kann ich mich verlassen, ohne ihn persönlich zu kennen? Als Antwort entwickelten sich: gemeinsame Konventionen, Normen, Symbole, Sprache und eine Gruppenidentität. „Wir sind die Rebellen“ ist mehr als ein Name, es ist ein Versprechen, sich an dieselben Regeln zu halten, diese Ideale zu teilen und dieselben Ziele zu verfolgen. Tomasello zufolge könnten Gruppen, in denen gemeinsame Normen und Regeln die Zusammenarbeit erleichterten, gegenüber anderen Gruppen Vorteile gehabt haben. Wenn solche Unterschiede zum unterschiedlichen Erfolg von Gruppen beitragen und sich kulturell vererben, kann man von kultureller Gruppenselektion sprechen.

Tomasellos Rekonstruktion ist eine Hypothese, und sie ist nicht unumstritten. Aber eines ist klar: Wer gemeinsam jagt, muss einander verstehen, und wer in großen Gruppen lebt, muss sich auf gemeinsame Regeln einlassen. Interdependenz funktioniert anders als der Reziproke Altruismus. Letzterer verlangte eine Vorleistung, Gedächtnis und Wiedererkennen. Nach der Interdependenz-Hypothese kooperiert der Mensch, weil er den anderen braucht. Bei der Hirschjagd ist nicht die Versuchung zum Verrat das Hauptproblem, sondern die Unsicherheit, ob der andere mitmacht. Die richtige Partnerwahl für gemeinsame Ziele und die faire Teilung des Erfolgs werden notwendig und durch Konventionen, Normen und Gruppenidentität abgesichert.

Was bedeutet das für unseren Erzschatzen? In der Hirschjagd hat der Trittbrettfahrer ein Problem: Wer sich drückt, bekommt keinen Bantha, und wer es wiederholt tut, wird nicht mehr mitgenommen. Interdependenz kann den Trittbrettfahrer zum Selbstschädiger machen, schafft ihn aber nicht ab. Und gerade in größeren Gruppen kann man sich leichter unauffällig drücken, und niemand kann jeden persönlich kontrollieren.

Interdependenz und Reziproker Altruismus machen Kooperation wertvoll, aber was hält uns an, uns in diesem Sinne kooperativ zu verhalten? Es ist nur selten unsere vielgelobte Rationalität. Um dieses Rätsel zu lösen, müssen wir die menschlichen Gefühle näher betrachten, denn wir sind gefühlsmäßig auf Kooperation vorbereitet.

Gefühle als Betriebssystem der Jagdgesellschaft

Im Millennium Falken rechnet C-3PO vor, dass die Chance, das vor ihnen liegende Asteroidenfeld ohne Crash zu durchfliegen, bei ungefähr 3.720 zu 1 steht, und zwar gegen sie. Han Solo verbittet sich solche Zahlen und fliegt sein Raumschiff trotzdem hinein. Aus Sicht der Entscheidungstheorie mag das unvernünftig erscheinen. Aber Han verweist mit Recht auf die Mathematik: Keine Statistik gilt für ein einzelnes Ereignis. Und sehr oft entscheiden wir, wie Han, mit dem Bauch. Es stellt sich die Frage: Wie kommt unser Bauch zu einer Entscheidung?

Ein Gedächtnis wäre überflüssig, wenn wir Erlebtes nicht nutzen könnten, um künftiges Handeln zu planen. Dazu müssen Erfahrungen bewertet werden. Und genau das tun Tier und Mensch über Gefühle. Höhere Lebewesen speichern nicht nur, was passiert ist, sondern auch, wie es sich angefühlt hat: erfolgreich und lustvoll oder erfolglos und schmerzhaft. Diese Urteile sind die Grundlage unserer nächsten Entscheidung. Die Hirnareale, in denen Gefühle verarbeitet werden, sind vergleichsweise alt. Wir teilen sie mit allen Säugetieren, und sie scheinen dort auch dieselben Aufgaben zu erfüllen. Unser Gefühlshaushalt ist damit das Vermächtnis einer unvorstellbar langen Zeit, in der Lebewesen ihre Erfahrungen gesammelt und bewertet haben. Ihre Erfolge und Misserfolge wurden dabei als Werturteile in die Gefühlsausstattung abgespeichert.

Wie sehr wir bei Entscheidungen auf Gefühle angewiesen sind, zeigen die Patienten des Neurowissenschaftlers Antonio Damasio. Bei ihnen war eine Region im Stirnhirn ausgefallen, die Denken und Fühlen verknüpft. Intelligenz und Gedächtnis waren tadellos, Vor- und Nachteile konnten sie glänzend aufzählen. Nur entscheiden konnten sie nicht mehr. Einer wog eine halbe Stunde lang ab, welchen von zwei Terminen er für den nächsten Besuch nehmen sollte. Ohne Gefühl fehlt das Gewicht, das eine Möglichkeit schwerer macht als die andere. Damasio nennt das „somatische Marker“, wir nennen es Bauchgefühl. Der Psychologe Jonathan Haidt vergleicht uns mit einem Reiter auf einem Elefanten. Der Elefant sind die schnellen Gefühlsurteile, der Reiter das bewusste Denken. Der Reiter glaubt zu lenken, liefert aber oft nur die Pressemitteilung zu dem, wohin der Elefant ohnehin wollte. Das Denken ist deshalb nicht überflüssig: Daniel Kahneman hat gezeigt, dass es die Fehler des schnellen Fühlens korrigieren kann. Es tut das nur seltener, als wir glauben.

Wechseln wir kurz einmal ins Star-Trek-Universum und zu einem Alien vom Planeten Vulkan. Spock, der Vulkanier trifft seine Entscheidungen streng rational und scheinbar unbeeinflusst von Gefühlen. Allerdings wäre eine Figur wie Spock überfordert, wenn sie sich zwischen Tee und Kaffee entscheiden müsste – denn dabei geht es darum, welches Getränk uns schmeckt, also ein Gefühl befriedigt. Ein Leben ohne Gefühle wäre nicht nur ein farbloses und freudlos, es würde schlicht scheitern. Auf der anderen Seite steht die Figur Data, ein menschenähnlicher Roboter, der sich danach sehnt, menschliche Entscheidungen zu verstehen, was ohne die Empfindung von Gefühlen nicht geht. Data weiß offenbar um seine höchst eingeschränkte Sicht auf die Welt.

Gefühle haben drei Vorteile gegenüber dem Nachdenken. Sie sind schnell: Wer erst eine Tabelle anlegt, ist längst Futter für einen Rancor. Sie sind billig: Das Gehirn verbraucht ohnehin etwa ein Fünftel unserer Energie. Und sie sind verbindlich. Das ist der Punkt, an dem es für eine Jagdgesellschaft spannend wird.

Zurück zu Han und Chewbacca auf dem Weg zur Banthaherde. Eine fette Womp-Ratte läuft vorbei, und Han könnte sich kurz abseilen. Chewbacca kann ihm nicht in den Kopf schauen, und ein Versprechen kostet nichts. Glaubwürdig macht Han deshalb nicht sein Wort, sondern der Umstand, dass ihm ein Wortbruch gefühlsmäßig zuwider wäre: Er würde sich schämen. Der Ökonom Robert Frank hat diesen Gedanken ausgearbeitet. Gefühle sind Selbstverpflichtungen, die man nicht einfach widerrufen kann, und gerade deshalb glaubt man sie dem anderen.

Dasselbe gilt für Zorn. Im Ultimatumspiel bekommt ein Spieler zehn Euro und bietet einem zweiten einen Teil davon an. Nimmt der zweite an, wird geteilt wie vorgeschlagen. Lehnt er ab, gehen beide leer aus. Aus Sicht der reinen Logik müsste der Zweite jedes Angebot über null annehmen, denn

Etwas ist immer mehr als nichts. Aber da gibt es auch noch unser Gefühl für Fairness: Dieses Gefühl ist angeboren und wird kulturell geeicht. Tatsächlich lehnen viele ein in ihren Augen zu niedriges Angebote ab. Die Walfänger von Lamalera in Indonesien boten in diesem Ultimatumspiel im Schnitt mehr als die Hälfte der Summe, die Machiguenga im peruanischen Regenwald etwa ein Viertel, und beide Angebote wurden so gut wie nie abgelehnt. Gleiches Gefühl, andere Eichung.

Yoda warnt, Zorn führe zur Dunklen Seite. Aus Sicht der Evolution ist das differenzierter zu sehen: Der Zorn, nicht genug beteiligt zu werden, ist keine Dummheit, sondern ein Abschreckungssystem. Wer weiß, dass sein Gegenüber bei Ausbeutung unberechenbar wird, bietet von vornherein mehr an. Ein solches Abschreckungssystem kann aber nur funktionieren, wenn der Zorn echt ist und sich nicht per Verstand abschalten lässt.

Woher haben wir diese speziellen Gefühle? Tomasellos Szenario legt nahe: aus dem Zwang zur gemeinsamen Jagd und später auch aus dem Leben in konkurrierenden Gruppen. Wer zu Mitgefühl, Dankbarkeit, Scham und Zorn neigte, hatte im Schnitt bessere Chancen auf Partner, Fleisch und Nachkommen. Wir sind deren Nachfahren. Das ist wohlgemerkt eine Hypothese, und Vorläufer vieler dieser Gefühle finden sich schon bei anderen Primaten: Die Evolution hat sie ausgebaut, nicht neu erfunden.

Dass es um Anlagen geht und nicht bloß um Erziehung, deuteten verschiedene Befunde an. Sechs bis zehn Monate alte Säuglinge greifen eher nach Figuren, die anderen helfen, als nach solchen, die andere behindern. Achtzehn Monate alte Kleinkinder helfen fremden Erwachsenen spontan, etwa beim Aufheben eines Gegenstands, ohne Aufforderung und ohne Belohnung. Und von Geburt an blinde Judoka zeigten bei den Paralympics nach einem Sieg die Körperhaltung des Stolzes und nach einer Niederlage die der Scham, obwohl sie diese Körpersprache nie bei anderen sehen konnten.

Die Gene liefern die Hardware: die Fähigkeit und den Drang, dankbar, zornig oder beschämt zu sein. Wann und worüber wir diese Gefühle empfinden, ist Software, und die kommt von der Gruppe. Dass Scham überhaupt auftritt, ist ererbt. Dass man sich schämt, mit vollem Mund zu sprechen oder nicht angemessen bekleidet auf die Straße zu gehen, ist erlernt. Die Gene bauen den Rauchmelder ein, die Kultur entscheidet, ob er schon beim Toast oder erst beim Brand anschlägt. Bei den Ablehnenden ist übrigens die vordere Insula besonders aktiv, die sonst bei Ekel und Schmerz anschlägt.

Das Gefühlsinventar der Jagdgesellschaft

Wahrscheinlich wurden unsere Vorfahren aus purer Not zu einem intensiv kooperierenden Gruppenwesen. Der Wandel, wohl durch einen Klimawandel angestoßen, setzte vor etwa zwei Millionen Jahren mit der Gattung Homo ein und war vor rund 400.000 Jahren bei Homo heidelbergensis dann schon gefestigt. Mutmaßlich war es die Großwildjagd, die zur Kooperation zwang. Große Tiere lassen sich kaum allein erlegen. Aus der losen Zusammenarbeit wurde eine Pflicht und der passende Gefühlshaushalt überlebenswichtig: Wer aufeinander angewiesen ist, hat ein unmittelbares Interesse am Wohlergehen seiner Partner. Wer sich als unzuverlässig erwies, wurde bei der nächsten Jagd nicht mehr mitgenommen. Zusammenarbeit zahlte sich aus, Drückebergerei nicht.

Ein zweiter Schritt folgte nach Tomasello vor etwa 150.000 Jahren, als der moderne Mensch begann, getrennte Kulturgruppen zu bilden. Diese standen im Wettbewerb miteinander und schufen innerhalb ihrer Gruppen Konventionen, Normen und Institutionen, an denen man erkannte, wer dazugehört. Man könnte sagen: der Dresscode der Rebellen. Oder: Jedi haben weißgelbe Lichtschwerter, Sith rote. An diese Entwicklungen musste sich der Gefühlshaushalt anpassen und wir können uns fragen: Welche Gefühle braucht eine Gruppe, die gemeinsam jagt, die Beute teilt und sich gegen andere Gruppen behaupten muss? Es sind eine ganze Menge. Hier eine Auswahl, geordnet nach Aufgaben:

Gefühle, die Partner zusammenbringen

- Vertrauen haben wir schon bei der Hirschjagd kennengelernt. Es muss aufgebaut werden, und der Bauch lernt dazu: Wer mehrfach zuverlässig war, bekommt mehr Vorschuss.
- Mitgefühl sorgt dafür, dass man einen verletzten Jagdpartner versorgt, statt ihn zurückzulassen. Es macht aus Jägern eine Versicherungsgemeinschaft. Und überall werden Mediziner zu einer hochangesehenen Berufsgruppe.
- Dankbarkeit ist die Gefühlsseite des reziproken Altruismus. Sie macht aus Buchführung ein Bedürfnis, sich zu revanchieren.
- Zuneigung und Freundschaft binden verlässliche Partner dauerhaft, auch wenn sie in der Theorie „austauschbar“ wären.

Gefühle, die Betrug aufspüren und bestrafen

- Empörung und Zorn: Ohne Zorn könnten Jedi nicht einmal einen Trittbrettfahrer in die Schranken weisen. Zorn gegen Trittbrettfahrer wirken sogar, wenn man selbst gar nicht betroffen ist. In Experimenten von Ernst Fehr und Simon Gächter zahlten Teilnehmer aus eigener Tasche, um Trittbrettfahrer zu bestrafen. Die Kooperation stieg danach spürbar. Zorn ist ein Werkzeug, aber er wird gefährlich, wenn er außer Kontrolle gerät oder die Falschen trifft.
- Rachedurst ist Zorn mit langem Gedächtnis. Im Einzelfall sinnlos, denn das Fleisch kommt nicht zurück. Aber wer als rachsüchtig bekannt ist, wird seltener betrogen. Vor allem, wenn man sicher sein kann: man sieht sich mehr als einmal im Leben.
- Verachtung zielt nicht auf Korrektur, sondern auf Abschied: Man bereitet innerlich vor, den Drückeberger nicht mehr mitzunehmen, ganz ohne Kampf.
- Moralischer Ekel stützt sich auf ein noch älteres Gefühl, dass uns vor etwas Ungenießbarem schützen soll. Dieser alte Giftalarm wird auf etwas Neues übertragen, auf Verrat. Daher nennen wir Verrat „ekelhaft“ (und Schmeichler „schleimig“).
- Misstrauen springt an, wenn Signale nicht zusammenpassen, und schützt vor Fremden ohne Ruf.

Gefühle, die uns selbst im Zaum halten

- Scham hat eine eingebaute Anzeigetafel: das Erröten, das Charles Darwin für den menschlichsten aller Gefühlsausdrücke hielt. Es signalisiert: Ich kenne die Regel, lasst mich nicht allein. Wer sich schämt, wird milder behandelt als jemand, der frech bleibt.
- Schuld sagt „Ich habe etwas Schlechtes getan“, Scham sagt „Ich bin schlecht“. Schuld treibt zur Wiedergutmachung, Scham eher zum Verstecken. Schuld ist die Reparaturwerkstatt.

Gefühle, die vergleichen

- Neid und Gleichheitsempfinden: Kapuzineraffen tauschen gern einen Kieselstein gegen eine Gurkenscheibe. Sieht einer, dass der Nachbar für denselben Tausch eine Weintraube bekommt, wirft er die Gurke wütend weg. Das war vermutlich die erste dokumentierte Gewerkschaftsaktion der Primatenforschung. Auch Kinder lehnen Benachteiligung früh ab, in sehr verschiedenen Kulturen.
- Stolz belohnt Verhalten, das die Gruppe schätzt. Er hat aber Nebenwirkungen, die Gruppen früh erkannten: Der Anthropologe Richard Lee schenkte den Buschleuten der Kalahari zu Weihnachten einen riesigen Ochsen und erntete nur Hohn über das magere Knochengestell. Dieses Ritual sollte verhindern, dass sich Lee für etwas Besseres hält. Nach Christopher Boehm halten Spott und Ausschluss in Jäger-Sammler-Gruppen Möchtegern-Chefs klein.

Gefühle, die eine Gruppe tragen

- Einsamkeit schmerzt. In einem virtuellen Ballspiel, bei dem Teilnehmer plötzlich ausgeschlossen wurden, waren Hirnregionen aktiv, die auch bei körperlichem Schmerz beteiligt sind. Für einen Jäger der Altsteinzeit war Alleinsein tatsächlich lebensgefährlich.
- Zugehörigkeit und Loyalität machen aus „Wir sind die Rebellen“ ein Versprechen. Gemeinsames Singen und Im-Takt-Gehen steigert in Experimenten die Kooperationsbereitschaft etwas. Die trommelnden Ewoks am Ende der „Rückkehr der Jedi-Ritter“ sind insofern ernsthafte Evolutionsbiologie in Fell.
- Furcht vor Fremden bedeutet Vertrauen und Mitgefühl für die eigene Gruppe, Vorsicht für alle anderen. In einer Welt konkurrierender Gruppen war das nicht dumm. Davon handelt der nächste Abschnitt.

Dieselben Gefühle, die Zusammenarbeit ermöglichten, sind auch die Zutaten für Gruppenegoismus, Rivalität zwischen Gruppen und schließlich Krieg. Unser Gefühl für Moral, Mitgefühl und Vertrauen bezieht sich in erster Linie auf unsere eigene Gruppe. Sozialpsychologische Experimente zeigen, dass Menschen die eigene Gruppe schon dann bevorzugen, wenn sie nach reinem Zufall in zwei Lager eingeteilt wurden. Verachtung und Misstrauen richten sich nicht nur gegen die in unserer Gruppe, die Regeln übertreten, sondern oft auch gegen die „Anderen“. Dabei müssen wir beachten: Unsere Gefühle wurden für Gruppen von einigen Dutzend bis wenigen Hundert bekannten Menschen gebaut, nicht für die Anonymität von Großstädten.

Gefühle sind Ratgeber, keine Richter. Gefühle sagen uns, dass etwas richtig oder falsch ist, aber nicht, was in unserer Gruppe als richtig oder falsch gilt. Die Scham weiß nicht, dass man bei Tisch nicht furzt. Das lernen wir von den anderen, von Kopf zu Kopf. Damit stehen wir an der Schwelle zur Kultur, dort, wo die Kultur, unsere Softgene übernehmen.

Der Speer, den niemand allein erfindet

Kultur ist Gemeinschaftsarbeit. Kulturelles Wissen kann nur dort anwachsen, wo Menschen zusammenarbeiten. Ohne Kooperation gäbe es keine komplexere Kultur. Im niedersächsischen Schöningen haben Archäologen Holzspeere ausgegraben, die rund 300.000 Jahre alt sind. Der Boden am damaligen Seeufer war so nass, dass das Holz die Jahrhunderttausende überdauert hat. Die Jäger der Menschenart *Homo heidelbergensis* setzten dort verschiedene Waffen im Verbund ein: Wurfstöcke, Wurfspeere und Stoßlanzen. Das war keine Ausrüstung, die ein Einzelgänger an einem verregneten Nachmittag zusammenbasteln könnte. Kein einzelner Jäger könnte einen Speer dieser Raffinesse erfinden, denn für einen guten Speer musste erst einiges an Wissen zusammengetragen werden: Welches Holz eignet sich, wo muss der Schwerpunkt liegen, wie härtet man die Spitze – dieses Wissen konnte sich nur über viele Generationen in einer Gemeinschaft ansammeln. Nur über Generationen hinweg und in Gemeinschaft kann sich Kultur anhäufen. Das war so, ist bis heute so geblieben und wir auch in ferner Zukunft so sein: Luke Skywalker bekommt im Star-Wars-Universum die Waffe seines Vaters in die Hand, und wie man damit umgeht, lernt er von Obi-Wan und Yoda. Ein Jedi-Ritter ohne Meister wäre nur ein Mann ohne gefährlichen Leuchtstab und in jedem Kampf überfordert. Kultur entsteht nur dort, wo Lebewesen einander helfen, voneinander lernen und ihr Wissen miteinander teilen. Das machte aus der Kooperation ein entscheidendes Tool der Menschwerdung. Und Überraschung: Auch Tiere haben Kultur, wir hatten das schon im Kapitel über innerartliche Kooperation angerissen. Hier jetzt noch ein Beispiel, dass zeigt, wie eng Kooperation und Kultur zusammengehören.

Orcas leben in stabilen Familienverbänden, die um die Mütter herum organisiert sind. Verschiedene Gruppen, die im selben Meer unterwegs sind, haben ihre eigenen Dialekte und Jagdmethoden, und das lässt sich laut Whitehead und Rendell nicht allein durch Gene oder Umwelt erklären. Ihr Urteil: Die Kultur der Orcas ist unabhängig von der unseren entstanden. Orcas vor der Halbinsel Valdés in Argentinien und bei den Crozet-Inseln im Indischen Ozean schwimmen absichtlich auf den Strand,

packen ein Robben - oder Seelöwenjunges und lassen sich von der nächsten Welle zurück ins Wasser tragen. Das ist riskant und will gelernt sein. Kälber bringen die Technik nicht mit auf die Welt. Auf den Crozet-Inseln probieren Jungtiere sie mit vier oder fünf Jahren erstmals selbst aus, und selbst Sechsjährige sind noch auf ihre Mütter angewiesen, um mit der Beute ins tiefe Wasser zurückzukehren. Die Mütter zeigen ihn, wie es geht. Dafür nehmen sie sich Zeit: Orcas bekommen nur selten Nachwuchs und können deshalb viel in dessen Ausbildung stecken. Das ist kein bloßer Instinkt, das ist ein Lehrplan mit Brandungsunterricht. Das Wissen wandert in der Orca-Familie von den Müttern zu den Kindern, und es wird vor aller Augen geübt, geduldet und unterstützt. Ohne diese Nähe und Hilfsbereitschaft gäbe es keine Strandjagd, sondern nur ein paar gestrandete Tiere. Ob die Orcas ihr Wissen auch Schritt für Schritt verbessern, so wie wir, ist unter Fachleuten umstritten.

Kooperation und Kultur

Wir kennen jetzt einige Pfade, an denen entlang sich kooperatives Verhalten bei Menschen entwickeln konnte und wie aus einem egoistischen Einzelkämpfern eine Gemeinschaft wurde: Säugetiermütter investieren viel in ihren Nachwuchs. Das ist der älteste Kooperationsvertrag, den wir kennen: Wer säugt, trägt und beschützt, bindet sich an ein anderes Lebewesen. Beim Menschen kam etwas Besonderes hinzu. Die Anthropologin Sarah Blaffer Hrdy hat gezeigt, dass wir unsere Kinder nicht allein aufziehen, sondern mit Helfern, von Großmüttern und Tanten bis zu Vätern und Nachbarinnen. Fachleute sprechen von kooperativer Aufzucht. Das hat Folgen für das Lernen. Wer von mehreren Erwachsenen umgeben aufwächst, hat mehr Vorbilder, mehr Zeit zum Lernen und mehr Gelegenheit, Fertigkeiten genau abzuschauen. Genau das braucht eine Kultur, die sich über die Generationen aufbauen soll.

Die gemeinsame Jagd, die Zusammenarbeit bei der Nahrungssuche wurde für frühe Menschen zur Pflicht. Wer Großwild erlegen will, braucht Mitjäger, und wer von Mitjägern abhängt, hat ein Interesse daran, dass sie ihr Handwerk verstehen. Dann lohnt es sich, ihnen etwas beizubringen. Dieser Gedanke verbindet die Jagd mit der Kultur: Lehren ist Kooperation. Der entscheidende Punkt ist: Wissen steckt nicht in den Genen, sondern lebt in den Köpfen der Gruppe. Reißt die Weitergabe ab, ist es weg, auch wenn die Gene völlig intakt sind.

Menschliche Kultur funktioniert wie eine Ratsche: Jede Verbesserung wird festgehalten und rutscht nicht zurück, sodass die nächste Generation dort weiterbaut, wo die vorige aufgehört hat. Damit das funktioniert, braucht es aktives Lehren – und: den Wunsch, es so zu machen wie die anderen. Diesen Punkt herauszuheben, verlangt nach einem späteren Kapitel. Kulturbauusteine, ich werde sie Softgene nennen, benötigen einen genauso starken Schutz vor Abweichungen, wie unsere Gene und ähnliche Selektionsmechanismen. Denn kulturelle Weitergabe funktioniert nur, wenn die Abweichung vom Bewährten auch sanktioniert werden kann. Die Gruppe wacht darüber, dass Bewährtes nicht aus bloßer Laune verworfen wird.

Wie sehr Kultur von der Größe und Vernetzung einer Gruppe abhängt, zeigt ein viel diskutierter Fall. Als vor etwa 10.000 Jahren der steigende Meeresspiegel Tasmanien vom australischen Festland abschnitt, verlor die Bevölkerung dort nach und nach technische Fertigkeiten. Als die Europäer kamen, trafen sie auf die schlichteste Technik, die sie je gesehen hatten. Henrich erklärt das so: In einer kleinen, isolierten Gruppe gehen nützliche Fertigkeiten leichter verloren, weil nur wenige Lernende und wenige Könnern zusammentreffen. Auch bei pazifischen Inselgruppen haben größere und besser vernetzte Gesellschaften offenbar umfangreichere Werkzeugkästen. Diese Beispiele sind nicht unumstritten sind und ich füge ihnen hier noch meines hinzu: Wahrscheinlich benötigt man eine sehr große Anzahl von Generationen und sieben Milliarden Menschen, um ein Wissen zusammenzutragen, das befähigt, ein Smartphone zu entwickeln. Eine exponentiell anwachsende kooperativen Gemeinschaft erklärt, warum aus einer Jagdgesellschaft von wenigen Dutzend Menschen schließlich Raumfahrer wurden.

Warum Kultur nicht alles mitmacht

Ein Jedi macht nicht einfach, was ihm gerade einfällt. Zumindest nicht, wenn er erfolgreich gegen das Imperium kämpfen will. Luke Skywalker kann sein Lichtschwert natürlich nach eigenem Geschmack schwingen. Aber wenn er damit einen Sith besiegen möchte, ist es eine schlechte Idee, jede Bewegung neu zu erfinden. Besser ist, sich das Kämpfen von Obi-Wan und Yoda beibringen zu lassen. Kampfkunst besteht zunächst darin, Bewährtes zu übernehmen. Und irgendwann vielleicht darin, es besser zu machen.

Wissen muss ausreichend zuverlässig weitergegeben werden. Wenn jede Generation alles neu erfinden müsste, kämen wir vermutlich nicht viel weiter als bis zum gut zugespitzten Stock. Kultur braucht eine gewisse Treue zum Vorbild. Wir ahmen andere nach, übernehmen ihre Gewohnheiten, sprechen ihre Sprache und lernen die Regeln unserer Gruppe. Dabei machen wir es so, wie es die anderen machen. In der Psychologie und Kultur-Evolutionsforschung werden solche Vorgänge als soziales Lernen und konformistische Übernahme bezeichnet.

Konformität klingt ein bisschen nach Mitläufertum und dem berühmten Satz: „Das haben wir schon immer so gemacht.“ Aber aus evolutionärer Sicht ist es eine notwendige Strategie. Wenn andere eine Fertigkeit über Jahre erprobt haben, ist es oft billiger und sicherer, sie zunächst zu übernehmen, als bei null anzufangen. Wer in einer italienischen Küche steht, erfindet schließlich auch nicht die Pizza neu. Kulturelle Überlieferung muss zuverlässig genug sein, um Wissen zu erhalten. Allerdings muss sie auch durchlässig genug sein, um kulturelle Fortschritte zu erzielen.

Hier können wir eine Analogie zu den biologischen Genen ziehen: Gene werden durch Replikation weitergegeben, wobei Mutationen neue Varianten erzeugen. Kulturelle Inhalte werden durch Lernen, Nachahmung, Lehren, Sprache und andere Formen sozialer Übertragung weitergegeben. Auch dabei entstehen Varianten: Jemand versteht eine Anweisung anders, probiert eine Abkürzung aus oder entdeckt, dass eine alte Methode unter neuen Bedingungen nicht mehr funktioniert. Allerdings sind – das sollte uns nicht überraschen – kulturelle Veränderung raffinierter als einfache Mutationen. Menschen entscheiden, bewerten, planen und verändern ihre Überzeugungen; kulturelle Inhalte können absichtlich angepasst werden.

Nehmen wir einen Speer. Eine Gemeinschaft hat gelernt, welches Holz sich eignet, wie der Schaft geformt wird und wo der Schwerpunkt liegen sollte. Ein junger Jäger tut gut daran, diese Technik erst einmal zu übernehmen. Wenn er den Schaft aus Langeweile krumm schnitzt, ist das keine Innovation, sondern bloß ein schlechter Speer. Entdeckt er aber, dass eine andere Form besser in der Hand liegt oder eine bestimmte Spitze zuverlässiger trifft, kann aus der Abweichung eine Verbesserung werden. Ob sie sich durchsetzt, hängt davon ab, ob andere sie übernehmen und ob sie sich in der Praxis bewährt.

Damit haben wir drei Vorgänge, die der genetischen Vererbung sehr ähnlich sind: Erstens die Weitergabe: Eine Gruppe erhält Wissen, das bereits vorhanden ist. Zweitens die Variation: Wissen oder Verhalten verändert sich – absichtlich oder unbeabsichtigt. Drittens die Auswahl: Manche Varianten werden häufiger übernommen als andere, weil sie nützlich erscheinen, angesehenen Vorbildern zugeschrieben werden, weil es Status verspricht, leichter zu lernen sind oder besser zu den bestehenden Gewohnheiten passen. Aber auch der Zufall dürfte eine Rolle spielen oder einfach, weil viele es bereits tun und das immer so war und keiner mehr weiß, warum.