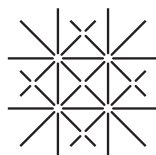
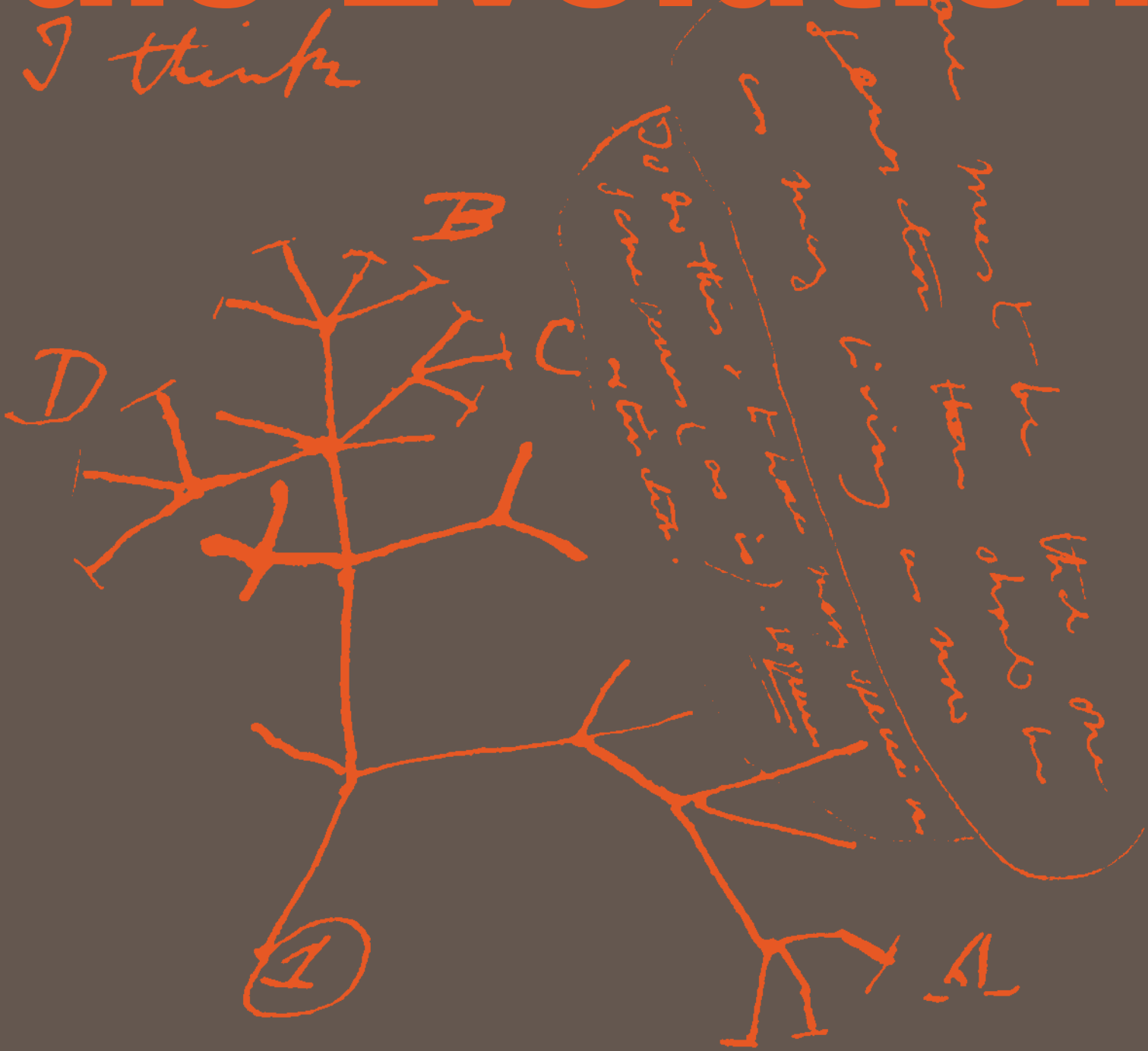


Darwin und die Evolution

I think



Zwischen Kooperation und Konflikt

Mathias Kölliker

Viele Organismen leben zumindest phasenweise in sozialen Verbänden, in denen Altruismus und Kooperation herrschen, aber auch Konflikte ausgetragen werden. Für Darwin war die Evolution von Sozialverhalten eine spezielle und nicht vollständig lösbare Herausforderung. Heute ist es ein etabliertes Gebiet der Evolutionsbiologie.

Darwins Evolutionstheorie baut auf der natürlichen Selektion auf: Merkmale, die einem Individuum erlauben, mehr Nachkommen zu produzieren oder länger zu überleben, sollten sich über die Generationen hinweg ausbreiten. In dieser Form erklärt die Evolutionstheorie Merkmale, die Vorteile gegenüber anderen Individuen verschaffen, was die Anpassung der Organismen an die vorherrschenden Umweltbedingungen antreibt. Auf den ersten Blick scheint es, als ob Evolution nur aggressives, egoistisches Verhalten muskelbepackter Individuen erklären könnte. Dem ist jedoch keineswegs so. Die vielen Beispiele für soziales Verhalten quer durch alle Organismengruppen zeigen eindrücklich, dass Evolution sehr viel subtiler abläuft, als es das weit verbreitete, aber irreführende Schlagwort vom «Kampf ums Dasein» suggeriert.

Urform Familie Sozialverhalten bedingt definitionsgemäss, dass sich Individuen altruistisch verhalten, was bedeutet, dass sie Kosten zugunsten eines andern auf sich nehmen. Solches

Beispiele von Sozialverhalten und dessen Ausnutzung: Ein Weibchen des Europäischen Ohrwurms (*Forficula auricularia*) bewacht ihr Gelege; sie wird die geschlüpften Jungen während der ersten Zeit auch füttern und gegen Raubfeinde verteidigen (links) [Bild: Mathias Kölliker].

Ein Elternteil eines Bienenfressers (*Merops apiaster*) füttert ein Junges, das bald die Bruthöhle verlassen wird; häufig helfen Verwandte bei der Aufzucht (rechts) [Bild: Thierry Vezon].

Verhalten kann häufig in Tierfamilien beobachtet werden. Eltern vieler Tierarten bringen Zeit, Energie und Ressourcen auf, um ihre Nachkommen grosszuziehen: die allermeisten Vögel und Säugetiere, viele Fische, Spinnentiere und Insekten sowie einige Reptilien und Amphibien. Manchmal helfen ältere Geschwister den Eltern bei der Jungenaufzucht, obwohl sie sich eigentlich selbst fortpflanzen könnten. Beispiele für solche Familiengruppen mit so genannten «Helfern» sind einige Säugetierarten wie etwa das heimische Murmeltier oder das in Afrika vorkommende Erdmännchen, einige Vogelarten wie zum Beispiel der Bienenfresser und auch der Mensch.

Die Familie gilt als ursprünglichste Form einer sozialen Gemeinschaft, aus der komplexere Formen mit Arbeitsteilung und unfruchtbaren (sterilen) Kasten hervorgegangen sind. Die sozialen Insekten (Ameisen, Termiten, Bienen, Wespen) sind das klassische Beispiel für solche Gemeinschaften. Das altruistische Verhalten sozialer Insekten bereitete Darwin Kopfzerbrechen. Das Problem ist, dass Arbeiterinnen meist keine eigenen Nachkommen haben. Sie opfern sich auf, um die Brut ihrer Mutter, der Königin, grosszuziehen. Wie konnte sich ein solches Merkmal evolutiv durchsetzen, obwohl es Sterilität mit sich bringt?

Diese für die Evolutionstheorie entscheidende Frage wurde erst etwa 100 Jahre nach Darwins «Über die Entstehung der Arten»



von William D. Hamilton vollständig geklärt. Evolutiver Erfolg eines Merkmals ist nicht auf der Ebene des Individuums definiert, sondern auf jener der Einheiten eines Merkmals, die von Generation zu Generation weitervererbt werden – der Gene. Erst diese genetische Sicht der Evolution machte deutlich, dass Merkmale auch indirekt über verwandte Individuen in künftige Generationen eingebracht werden. Es kann sich also evolutiv auszahlen, sich Verwandten gegenüber altruistisch zu verhalten, wenn sie dadurch besser überleben und mehr Nachkommen zeugen. Bei den Arbeiterinnen sozialer Insekten bedeutet dies, dass das Merkmal «Brutpflege und Sterilität» indirekt über die fortpflanzungsfähigen Schwestern, die künftigen Königinnen, an die nächste Generation weitergegeben wird. Das Individuum verhält sich altruistisch, aber die Gene profitieren.

Kooperation ist in der Natur nicht auf verwandte Individuen beschränkt, auch wenn genetische Verwandtschaft eine zentrale Rolle in der Entstehung von sozialen Gemeinschaften spielt. Umweltbedingungen sind genauso wichtig, da sie Nutzen und Kosten von altruistischem Verhalten entscheidend mitbestimmen. Sind zum Beispiel Nistplätze knapp und daher die Aus-

sichten, sich selbst fortzupflanzen, klein, lohnt es sich eher, den Eltern bei der Aufzucht von Geschwistern zu helfen. Zu Kooperation kommt es auch, wenn gewisse Ressourcen allein nicht gewonnen werden können: Löwen wie Delfine jagen häufig in Gruppen und koordinieren die Jagd. So können sie grössere Beute erlegen, als wenn sie allein jagen würden. Hier gibt es einen unmittelbaren Nutzen der Kooperation für alle beteiligten Individuen, ohne dass dafür genetische Verwandtschaft nötig wäre.

Latente Konflikte Obwohl soziale Gemeinschaften wie Familien, kooperative Brutsysteme und komplexe soziale Gemeinschaften von Altruismus und Kooperation geprägt sind, sind sie keineswegs harmonisch. Konflikte sind latent mit im Spiel, sowohl innerhalb als auch zwischen Gemeinschaften. Trotz enger Verwandtschaft sind die Individuen nicht genetisch identisch (ausser bei sich klonal vermehrenden Arten), was zu unterschiedlichen evolutiven Interessen führt. So können Arbeiterinnen sozialer Insekten unbefruchtete Eier legen (was zu Söhnen führt), was die Königin wiederum mit chemischen Mitteln (Pheromonen) oder Aggression zu unterbinden versucht.



Konflikte sind gerade innerhalb von Tierfamilien offensichtlich: Geschwister konkurrieren oft aufs heftigste um die Gunst und Ressourcen der Eltern, produzieren auffällige Merkmale mit Signalwirkung an sie oder sind aggressiv gegenüber andern Geschwistern. Diese Konkurrenz ist nicht im evolutiven Interesse der investierenden Eltern.

Fragen zum Spannungsfeld zwischen Kooperation und Konflikt in Tierfamilien und die Konsequenzen für die Evolution von Merkmalen, die der Lösung dieser Konflikte dienen, untersucht unsere Forschungsgruppe anhand des Europäischen Ohrwurms (*Forficula auricularia*). Ohrwurmweibchen füttern den Nachwuchs und beschützen ihn gegen Raubfeinde. Die 20 bis 70 Jungen sind in heftiger Konkurrenz, von der Mutter gefüttert zu werden, da nur wenige von ihnen überleben und sich selbst fortpflanzen werden. Streit ist da vorprogrammiert, und wir untersuchen, wie solche Konflikte in Ohrwurmfamilien über chemische Kommunikation und Aggression ausgetragen werden.

Soziale Gemeinschaften sind generell anfällig darauf, ausgebeutet zu werden. Dies, weil nichtverwandte Tiere, die nur den Nutzen des altruistischen Verhaltens anderer beziehen, ohne selbst etwas beizutragen, kurzfristig einen enormen Vorteil geniessen. Zum Beispiel der Kuckuck: Er nutzt sehr effizient und erfolgreich die Brutpflege anderer Vogeleltern aus. Das Kuckucksküken bettelt lauthals und tönt dabei wie eine ganze Brut des Wirtsvogels. Die Eltern werden durch dieses Signal getäuscht und investieren, als ob das Kuckucksjunge eine ganze Brut eigener Jungen wäre.

Ganz ähnlich die Schmetterlingsraupen einiger Arten der Gattung *Maculinea*: Sie produzieren chemische Stoffe auf der Haut, welche die Erkennungspheromone von Ameisenlarven imitieren. Die Ameisenarbeiterinnen können diesem Duft nicht widerstehen und adoptieren die Raupen, um sie grosszuziehen. Da die eine Art Brutpflege und Ressourcen der andern Art ausnutzt, spricht man hier von Sozialparasitismus.

Verhalten als Anpassung? Die Erforschung der Evolution von Verhalten ist spätestens seit dem Nobelpreis an Nikolaas



Arbeiterinnen einer Weberameisenart bauen ein fantastisches Nest aus Blättern, die mit Hilfe von Seide «verleimt» werden, welche von den Larven produziert und den Arbeiterinnen geerntet wurde (links) [Bild: John Alcock].

Eine Arbeiterin der roten Gartenameise trägt eine frisch geschlüpfte Raupe des kleinen Moorbläulings (*Maculinea alcon*) in das Ameisen-nest, wo die Raupe grossgezogen wird (rechts) [Bild: David Nash].

Tinbergen, Konrad Lorenz und Karl von Frisch 1973 ein etabliertes Gebiet der Evolutionsbiologie, das seither an Wichtigkeit stark zugenommen hat. Aus evolutiver Sicht unterscheidet sich Verhalten nicht grundsätzlich von andern Merkmalen wie Körperform oder Gehirngrösse. Trotzdem sorgt gerade die Frage, ob und wie Verhalten Produkt der Evolution ist, immer wieder für hitzige öffentliche Debatten und Missverständnisse zwischen den Natur- und den Sozialwissenschaften.

Die Erforschung der Evolution von Verhalten gibt uns Antworten darauf, wie wir Verhalten als Anpassung an die ökologische und soziale Umwelt verstehen können, inwiefern Unterschiede zwischen Tieren von Generation zu Generation vererbt werden



und was die biologische Grundlage für die enorme Diversität in Verhaltensformen zwischen Arten ist – inklusive Menschen. Das Verständnis der Logik natürlicher Prozesse steht dabei immer im Zentrum. Die Frage der rein menschlichen moralischen Sicht, wie wir uns unsere eigene Gesellschaft und das Verhalten ihrer Mitglieder wünschen, stellt sich dabei gar nicht.

Die Frage, unter welchen Bedingungen Sozialverhalten evolutiv erfolgreich sein kann, ist entscheidend für unser Verständnis der Vielfalt des Lebens und wird intensiv erforscht. Die Natur bietet eine fantastische Palette an Beispielen für altruistisches und kooperatives Verhalten, aber auch für Egoismus und Manipulation, die es noch besser zu verstehen gilt. Nicht zuletzt führt uns die Spezies Mensch täglich auf vielfältige Art das heikle Spannungsfeld zwischen Kooperation und Konflikt vor Augen, welches das soziale Leben prägt. ■

Prof. Mathias Kölliker ist SNF-Förderungsprofessor am Zoologischen Institut der Universität Basel.