

Formationsflug spart Energie und schreckt Feinde ab

Wissenschaftler simulieren die Selbstorganisation von Tierschwärmen im Computer - Sie funktionieren ohne eine Hierarchie

von Silvia von der Weiden

Zürich - In diesen Tagen sieht man sie wieder am Himmel ziehen: Schwärme von Zugvögeln auf dem Weg in ihre Winterquartiere. Dabei fällt auf, daß Tiere im Schwarm nicht wild durcheinanderfliegen, sondern sich zu Figuren organisieren. Gänse und Kraniche etwa fliegen meist in einer V-Formation.

Wer die scheinbar fest organisierten Gruppierungen aus vielen hundert fliegenden Vögeln beobachtet, macht eine erstaunliche Entdeckung: Es gibt im Schwarm keine festgelegte Hierarchie, kein ausgemachtes Leittier, das Richtung und Gliederung der Formation vorgibt. Die Führungsposition am Kopf der Gruppierung wechselt ständig, ohne daß die Figur sich wesentlich ändert. Wird der vorausfliegende Vogel nach einer Weile müde, läßt er sich einfach zurückfallen und gibt seine führende Position an einen Nachbarn oder ein anderes aufholendes Tier aus der Gruppe ab. Das wiederholt sich fortwährend, so daß alle einmal zum Anführer werden. Was steckt hinter dem Prinzip?

Die Frage hat kürzlich ein französisches Forscherteam um den Vogelkundler Henri Weimerskirch vom Nationalen Forschungszentrum in Villiers en Bois beantwortet: Der Formationsflug spart Energie. "Der Vorteil ergibt sich aus der leicht versetzten Position. Die dabei auftretenden aerodynamisch günstigen Strömungsverhältnisse ermöglichen den Vögeln, lange, kräftesparende Gleitphasen während des Fluges einzulegen", erklärt der Wissenschaftler. Dem Geheimnis des Formationsfluges waren die Forscher auf die Spur gekommen, in dem sie Pelikane mit Meßgeräten ausrüsteten, die während des Fluges die Herzfrequenz der Vögel maßen. Dabei stellte sich heraus, daß beim Formationsflug der Puls niedriger lag, als wenn die Tiere allein unterwegs waren. Im Schwarm legten sie zudem längere Gleitphasen ein. Vögel profitieren somit von Luftströmungen in einer Formation. Tatsächlich läßt sich beobachten, daß in Formation fliegende Vögel majestätisch durch die Lüfte segeln und nur selten mit den Schwingen schlagen müssen.

Nicht immer ist es für einen Tierschwarm nützlich, Figuren auszubilden. Bei einem Angriff ist eine dynamische Struktur von großem Vorteil. Wird etwa ein Schwarm Stare von einem Raubvogel attackiert, rotten sich die Vögel zu einem dichten Haufen zusammen. Darin sind einzelne Tiere für den Feind nicht mehr auszumachen. Wie eine dunkle Wolke, die in zuckenden Bewegungen ständig Gestalt und Richtung verändert, weicht der Pulk den Angriffen des irritierten Räubers geschickt aus - eine Taktik, die Fische zur Perfektion entwickelt haben. Sie bietet vor allem kleinen Individuen Schutz vor größeren Freißfeinden. Wenn sich Tausende Heringe oder Sardinen zu einem riesigen, dichten Schwarm zusammenschließen, imitieren sie einen Superorganismus. Ein Raubfisch wie ein Hai nimmt davon nur die silbrig schimmernde Silhouette wahr. So entsteht der Eindruck, der andere sei an Größe und damit Kraft gleichwertig oder gar überlegen. Eine An- und Aussicht, die den Feind meist veranlaßt, von seinen potentiellen Opfern abzulassen. Auf diese Weise steigt im Schwarm die Überlebenswahrscheinlichkeit von ursprünglich Schwächeren, erklären Biologen das Verhalten der Tiere.

Wie aber kann sich in dem Durcheinander zahlloser Tiere schlagartig eine Struktur und Organisation herausbilden? Das Phänomen, das spontan Ordnung aus dem Chaos entstehen läßt, ohne daß dabei eine zentrale Steuerung nötig wäre, ist die Selbstorganisation. Sie bewirkt nicht nur, daß sich Tiere im Schwarm wie auf ein unsichtbares Zeichen hin plötzlich harmonisch bewegen. Dieser Effekt ist auch am Werk, wenn Sterne sich in Spiralgalaxien formieren, Milliarden Nervenzellen im Gehirn ein Netzwerk bilden oder wenn plötzlich ein Verkehrsstau entsteht. Impulsgeber sind lokale Prozesse, kleine Störungen oder Schwankungen, die sich in einer Kaskade blitzschnell ausbreiten und so ein ganzes System gleichschalten.

Forscher der Universität Zürich wollten genau wissen, was geschieht, wenn Tausende Tiere einen Schwarm bilden. Mit Hilfe von Computermodellen stellten Hanspeter Kunz und Charlotte Hemelrijk vom Labor für Künstliche Intelligenz Situationen nach, die Fische zu einem Schwarm zusammenschweißen.

Realitätsnahes Verhalten zeigte der digitale Schwarm nur dann, wenn die Forscher drei Grundregeln in ihrem Modell verankerten, die sich überlagern können. Sie betreffen Abstand, Bewegungsrichtung und Zusammenhalt der Gruppe und lassen sich auf den einfachen Nenner bringen: Komme Nachbarn nicht in die Quere, folge der Mehrheit und halte dich an die vorgegebene Bewegungsrichtung.

Die Forscher haben auch herausgefunden, wie sich die strömungsgünstige Körperform von Fischen und Vögeln auf das Verhalten im Schwarm auswirkt. Es zeigte sich, daß die Stromlinienform eine rasche Richtungsänderung erleichtert, während rundliche Körper das Ausweichverhalten erschweren und häufige Zusammenstöße begünstigen.

Das sind Erkenntnisse, die auch der Softwareindustrie helfen, realistische Darstellungen für Multimediaanwendungen zu entwerfen. Mit ihrer Hilfe schuf Craig Reynolds, Programmier bei Silicon Studio in Los Angeles für den Trickfilm "Batman" verblüffend authentisch wirkende Fledermausschwärme und Pinguinkolonien.

Interesse hat auch das Militär. In den USA wurde das auf biologische Software spezialisierte Unternehmen Icosystems in Cambridge von der Defense Advanced Research Projects Agency beauftragt, ein Programm zu entwickeln, um 120 Roboter mit der "Schwarmintelligenz" von Insekten wie Heuschrecken oder Ameisen auszustatten. Diese gilt als besonders aggressiv, weil sich die Tiere in Millionenstärke zusammenrotten. Im Unterschied zu Vögeln und Fischen verschwenden diese Insekten keine Energie auf den Schutz des Individuums im Schwarm und überrollen rücksichtslos alles, was sich ihnen in den Weg stellt.

Artikel erschienen in der "WELT" am Di, 5. Oktober 2004

Quelle: <http://www.welt.de/data/2004/10/05/341800.html>