

Die Bedeutung von Emotionen in Schwärmen

Steffen Zenker

07. Juni 2010

Proseminar Artificial Life SoSe 2010 (Prof. Dr. W. Kurth)

Georg-August-Universität Göttingen

Übersicht

Die Bedeutung von Emotionen in Schwärmen

- 1 Schwärme
 - Schwärme im Alltag
 - Definition
 - Funktionsweise
 - Vor-/ Nachteile
- 2 Schwarmverhalten mit Emotionen
 - Idee
 - Architektur
 - Ergebnisse
- 3 Ausblick

Schwärme im Alltag

Ein Beispiel für fehlgeschlagenes Schwarmverhalten im Alltag...



Was ist da schief gegangen?

Straßenverkehr



- egoistische, bzw. unterschiedliche Ziele
- keine Verständigung

⇒ Schlechtes Schwarmverhalten

Ameisenstraße



- gemeinsames Ziel
- Verständigung durch Pheromone

⇒ selbstorganisiertes Schwarmverhalten

Definition



Definition (Schwarm)

Ein Schwarm ist eine Tiergemeinschaft, deren Mitglieder sich aktiv und aus innerem Antrieb zu einer Aggregation zusammenschließen und koordiniert bewegen. Diese Verhaltensweise ist angeboren. Kennzeichnend für Schwarmtiere ist das Fehlen einer Rangordnung und Leittieren. [1]

Beispiele für Schwärme

Schwärme lassen sich quer durch alle Tierarten wiederfinden. Z.B.:

- Bienen
- Stichlinge
- Sardinen
- Heuschrecken
- Vogelschwärme
- Ameisen
- Herden
- Menschen (anonyme Gruppen)

Funktionsweise von Schwärmen

- Die Koordination eines Schwarmes scheint sehr komplex zu sein
- Da die Individuen nicht besonders schlau sein müssen, muss es eine einfache Steuerung des Schwarms geben
- Diese Steuerung muss für alle gleich sein und den Egoismus des Einzelnen ausschalten (vgl. Fußgängerzone: rechts - links)

⇒ Es muss einfache lokale Regeln geben

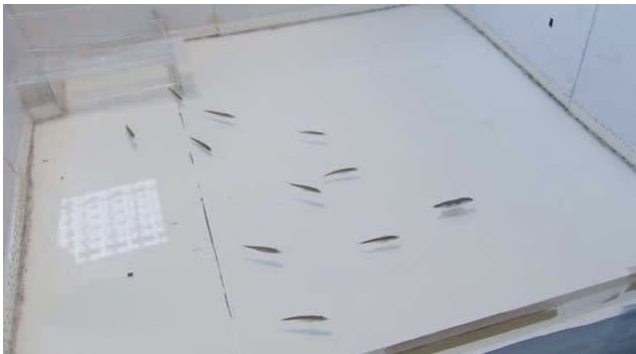
Funktionsweise von Schwärmen

Um sich sicher in einem Schwarm bewegen zu können, werden im Allgemeinen die folgenden drei Regeln befolgt. Die vielfache lokale Anwendung dieser Regeln führt zu der globalen Erscheinung des Schwarms [2]:

- 1 **Kohäsion:** Bewege dich auf das Zentrum deiner Artgenossen zu, die du im Umfeld siehst
- 2 **Separation:** Pass auf, dass dir niemand zu nahe kommt
- 3 **Ausrichtung:** Bewege dich in die selbe Richtung wie deine Nachbarn

Experiment: Robofisch

- Die Richtungsänderung eines Schwarmes wird von variierenden Einzelnen eingeleitet (zu schnell für das menschliche Auge)
 - Der Rest reagiert darauf, basierend auf den Regeln
- ⇒ Schwarm lässt sich durch Roboterfisch lenken [3]



Beispiel: Vögel



Die folgenden Regeln reichen aus, um die typische V-Formation von Vögeln zu simulieren:

- 1 Nutze den Auftrieb, den der vor dir fliegende Vogel verursacht
- 2 Nimm dabei eine Position ein, von der aus du ungestört nach vorne blicken kannst

Vor-/ Nachteile eines Schwarms

Nachteile:

- Schwärme sind groß und auffällig
- Je größer ein Schwarm ist, desto mehr Räuber kann er anziehen

Vorteile:

- Fast unbegrenzte Möglichkeiten der Fortpflanzung
- 1000 Augen sehen mehr als 2 Augen
- Räuber kann schwer ein einzelnes Tier verfolgen und fangen
- Schwarmintelligenz (das Wissen Vieler)
- Energiesparen bei der Fortbewegung (z.B. durch Windschatten)
- Ein Schwarm hat Fähigkeiten, die weit über die des Einzelnen hinausgehen

Schwarmverhalten mit Emotionen

- 1 Schwärme
 - Schwärme im Alltag
 - Definition
 - Funktionsweise
 - Vor-/ Nachteile
- 2 Schwarmverhalten mit Emotionen
 - Idee
 - Architektur
 - Ergebnisse
- 3 Ausblick

Idee



- Es soll das Herdenverhalten von Säugetieren (z.B. Schaf, Reh) in einer interaktiven 3D Simulation untersucht werden
- Die Simulation setzt am low-level (neuro-physiologische Grundlagen) an
- Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Auswirkungen von Emotionen auf das Verhalten gelegt (Vorgabe: Evolution)

Emotionen und Verhalten

Dabei spielen die folgenden Rollen von Emotionen eine wichtige Rolle:

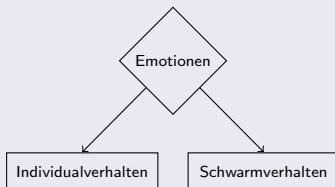
- 1 **Verhaltensanpassung:** Ein beunruhigtes Schaf würde noch weiter grasen, aber sich mehr der Herde annähern
- 2 **Verhaltensänderung:** Ein Schaf, das einen bedrohlichen Stimulus in seiner näheren Umgebung wahrnimmt, flieht
- 3 **Entscheidung für ein Verhalten:** Gewichtet ein Verhalten und schließt andere aus
- 4 **Verhaltensverstärkung:** Ein Schaf das flieht, kann den Feind nicht mehr bemerken, aber die Angst lässt es weiter rennen (für ein gewisses Zeitintervall)

Hypothese

Die Simulation wird nun genutzt um folgendes zu klären:

Hypothese

Ein Emotionssystem in Schwarmtieren kann als Regulator zwischen Individualverhalten und Sozialverhalten fungieren [5].

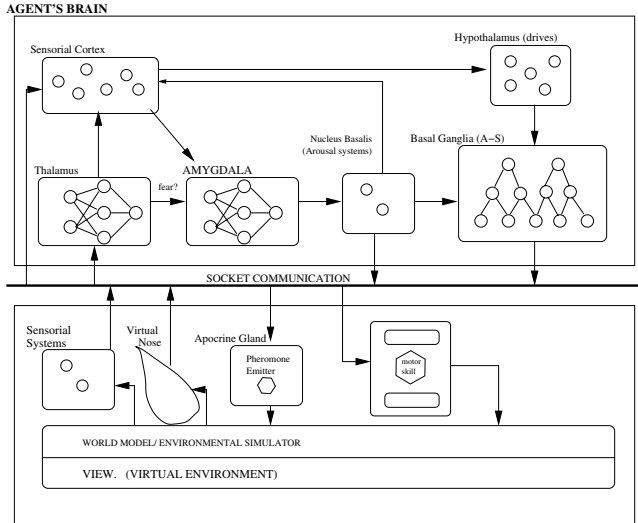


Virtuelles Gehirn

Die Aufgaben des Gehirn eines virtuellen Tiers sind:

- **Wahrnehmung:** Die sensorischen Reize als ein genaues Bild der Umgebung interpretieren
- **Aktionsauswahl:** Anhand der sensorischen Reize und den Emotionen die passende Aktion auswählen
- **Bewegungskontrolle:** Die ausgewählte Aktion über Muskeln in ein Bewegungsmuster umsetzen
- **Emotionen generieren:** Emotionen auf Grundlage der Artgenossen generieren

Architektur



Architektur

- **Hypothalamus:** Enthält die Triebe (z.B. Hunger)
- **Sensorischer Cortex:** Speichert sensorische Reize
- **Amygdala:** Enthält Emotionen (Wut, Angst, Missgunst, Erstaunen, Freude, Trauer)
- **Basalganglien:** Hirarchischer Mechanismus um Aktionen zu wählen

Neu in diesem Ansatz:

- Emotionen beeinflussen Aktionsauswahl
- Das System ist so konzipiert, dass Emotionen als Kommunikation mit anderen Artgenossen eingesetzt werden können (Pheromone)

Klinokinese

Endlicher Automat entscheidet die Aktionen:

δ	q	input	$\delta(q, \text{input})$
	start	go-default	stand-still
	stand-still	$P(0.3)$	walking
	stand-still	$P(0.3)$	starting-to-eat
	stand-still	$P(0.2)$	rotating-left
	stand-still	$P(0.2)$	rotating-right
	stand-still	in-fear	end
	stand-still	do-nothing	stand-still
	walking	$P(0.3)$	stand-still
	walking	$P(0.7)$	walking
	rotating-left	$P(0.9)$	stand-still
	rotating-left	$P(0.1)$	rotating-left
	:		
	:		

Fortbewegung

- Jedes virtuelle Tier bewegt sich entlang eines Vektors
- Dieser Vektor berechnet sich aus vier Komponenten:

$$V_A = \underbrace{(Cf \cdot Cef \cdot Cv)}_{\text{Kohäsion}} + \underbrace{(Af \cdot Aef \cdot Av)}_{\text{Ausrichtung}} + \underbrace{(Sf \cdot Sef \cdot Sv)}_{\text{Separation}} + \underbrace{(Ef \cdot Eef \cdot Ev)}_{\text{Flucht}}$$

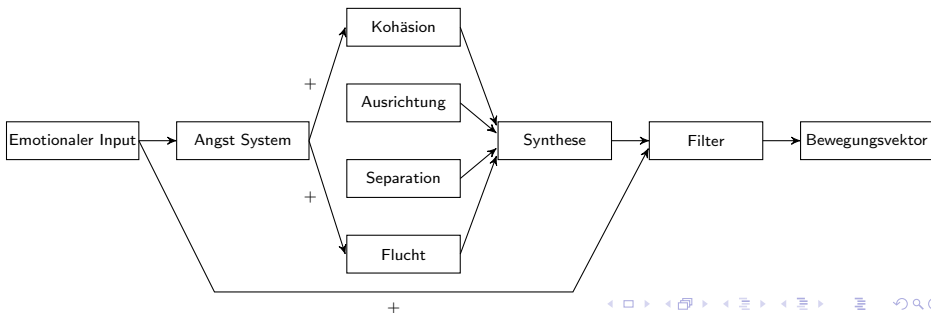
- Cv, Av, Sv, Ev : Komponentenvektoren bezüglich der Regeln
- Cf, Af, Sf, Ef : Gewichtung der Komponentenvektoren
- Cef, Aef, Sef, Eef : Wichtigkeitsfaktoren bezüglich der aktuellen Emotion

Fortbewegung

- Die Fortbewegungsgeschwindigkeit ergibt sich dann aus:

$$\text{Velocity} = \max(V_A, (MV_{ef} \cdot \text{MaxVelocity}))$$

- MaxVelocity: Maximalgeschwindigkeit des Tieres
- MV_{ef} : Faktor, basierend auf den aktuellen Emotionen, der die MaxVelocity erhöhen/verringern kann

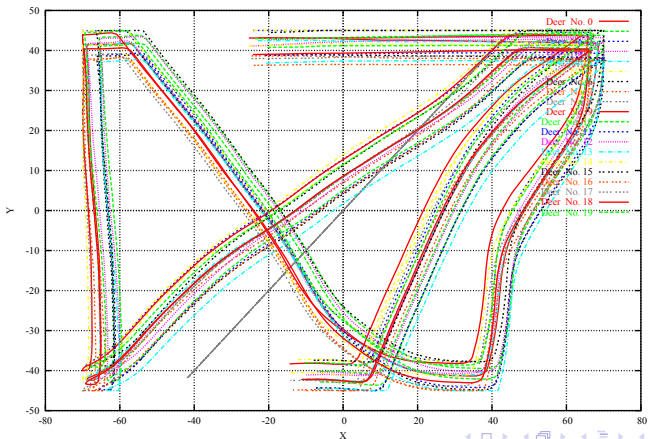


Ergebnisse

- Um nun die zuvor aufgestellte Hypothese zu prüfen, werden Simulationen durchgeführt
- 5, 10, 15 und 20 Tiere
- über einen Zeitraum von 600 Zeiteinheiten

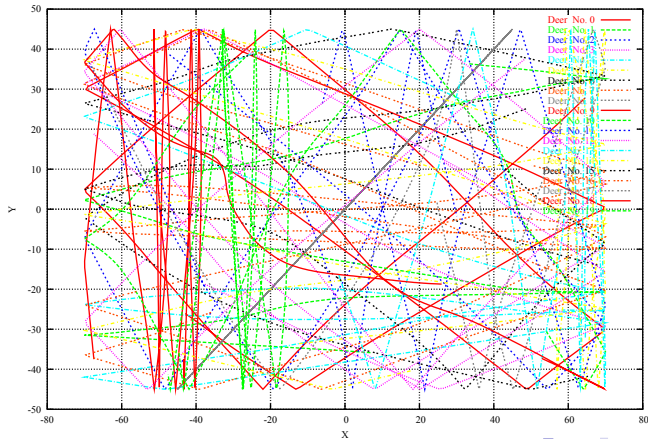
Ergebnisse

- 1 **Starrer Schwarm:** Die Tiere werden sehr dicht aneinander gesetzt und bleiben immer in der Formation.



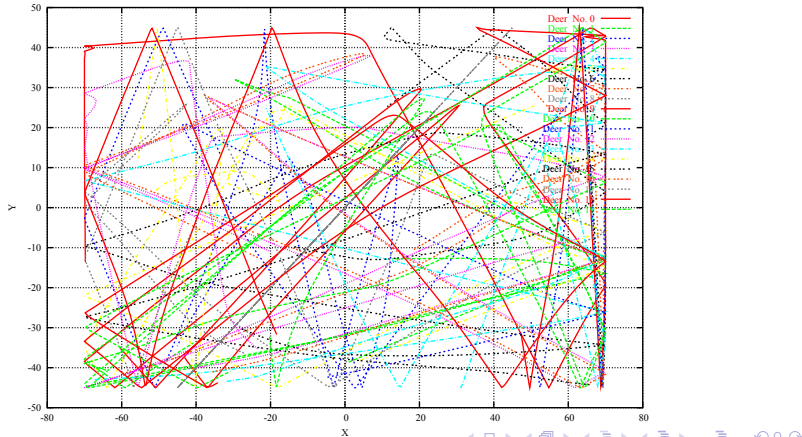
Ergebnisse

- ② **Kein Schwarm, keine Flucht:** Die Tiere bewegen sich nur individuell ohne Feinde wahrzunehmen.



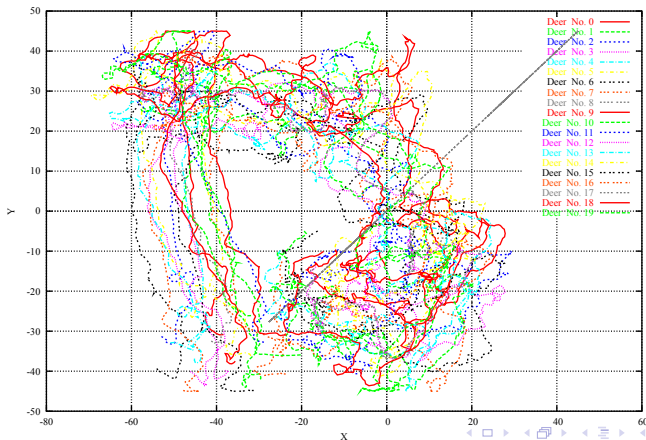
Ergebnisse

- 3 **Flucht:** Wie zuvor, aber die Tiere fliehen individuell vor Feinden.



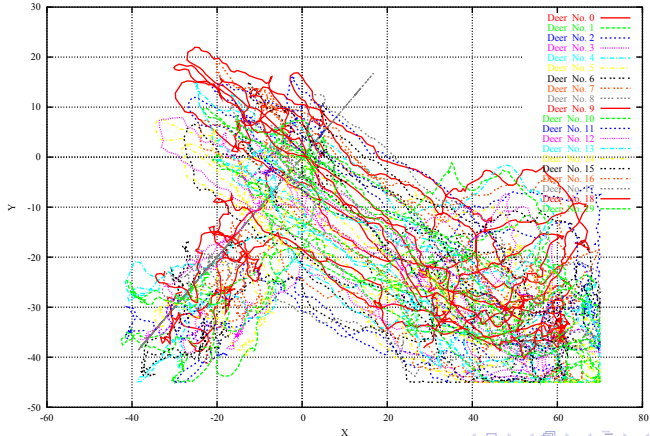
Ergebnisse

- 4 **Schwarm:** Die Tiere bleiben im Schwarm und versuchen sich nicht gegenseitig zu berühren.



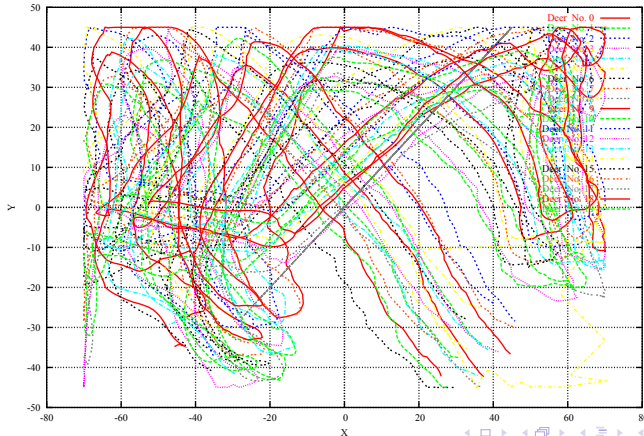
Ergebnisse

- 5 **Schwarm mit Flucht:** Wie zuvor, aber Tiere weichen Feinden aus.



Ergebnisse

- 6 **Flucht mit Emotionen:** Angst wird durch Pheromone ausgeschüttet, wenn Feinde bemerkt werden.



Ergebnisse

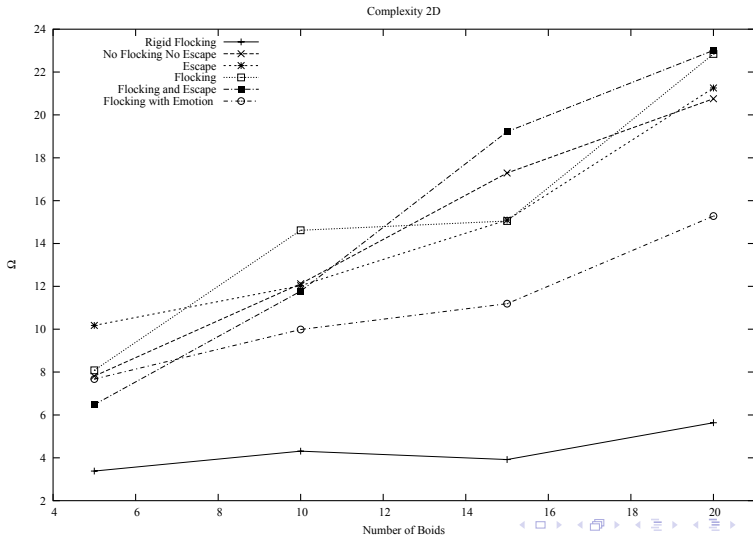
- Um ein Maß für die Komplexität (Anzahl von Zuständen) der 6 Fälle zu erhalten, wird die Entropie bestimmt:

$$E_s = - \sum_{i=1}^N \sigma'_i \log_2 \sigma'_i$$

- So erhält man die Komplexität

$$\Omega = 2^{E_s}$$

Ergebnisse



Ergebnisse

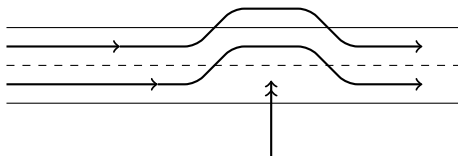
- Striktes Schwarmverhalten hat die niedrigste Komplexität
- Ansonsten ist der Schwarm mit Emotionen im Vorteil
- Emotionen können zwischen Schwarm- (Sicherheit gegen Feinde) und Individualverhalten (mehr Fläche zum Gras) vermitteln

⇒ Emotionen reduzieren die Komplexität des Verhaltens

- 1 Schwärme
 - Schwärme im Alltag
 - Definition
 - Funktionsweise
 - Vor-/ Nachteile
- 2 Schwarmverhalten mit Emotionen
 - Idee
 - Architektur
 - Ergebnisse
- 3 Ausblick


Ausblick

- Bessere Organisation bei Massenevents
- Autos als Schwarmwesen, die selbstorganisiert (ohne Ampeln und Schilder) auf den Straßen fahren und als Schwarm Gefahren ausweichen können



- Kooperative Roboter (mit „Emotionen“?)

Quellen

-  [1] Köhler Dieter, Terrarien/Aquarien, 1977
-  [2] Reynolds Craig, Flocks, herds, and schools: A distributed behavioral model, Computer Graphics 21(4) 25-34, 1987
-  [3] Schwanke Karsten, abenteuer Wissen: Schlau im Stau – dem Schwarmverhalten auf der Spur, ZDF, 12.08.2009
-  [4] Yogeshwar Ranga, Quarks&Co: Das Geheimnis des Schwarms, WDR, 10.04.2007
-  [5] Delgado-Mata Carlos and Aylett Ruth S., Fear and the Behavior of Virtual Flocking Animals, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007

