

Endpräsentation
Forschungsprojekt

Swarm Intelligence

Juli 2004

Andrea Lahn, Christian Nitschke, Nicolai Marquardt
Projektleitung: Hendrik Wendler, Prof. Bernd Fröhlich
Bauhaus-Universität Weimar

Inhalt

1. Einleitung

2. 2D-Clustering

3. Pheromon-Karten, 3D-Abbildungen

4. Alternativer Algorithmus, Erweiterungen

5. Zusammenfassung

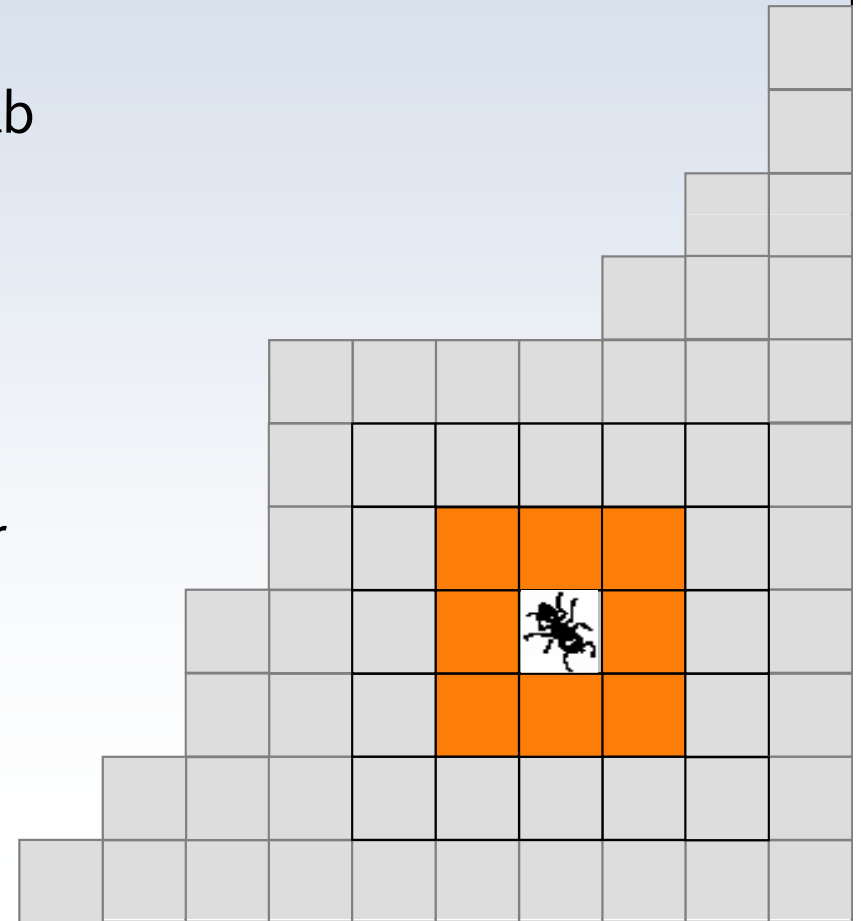
1. Einleitung

1. Einleitung

Zur Erinnerung

Eigenschaften der Ameisen (Agenten) :

- nehmen Objekte auf und legen sie ab
- nur lokale Sicht
- nur lokales Handeln
- kein Gedächtnis
- keine globale Weltvorstellung
- keine Kommunikation untereinander
- kaum Spezialisierung

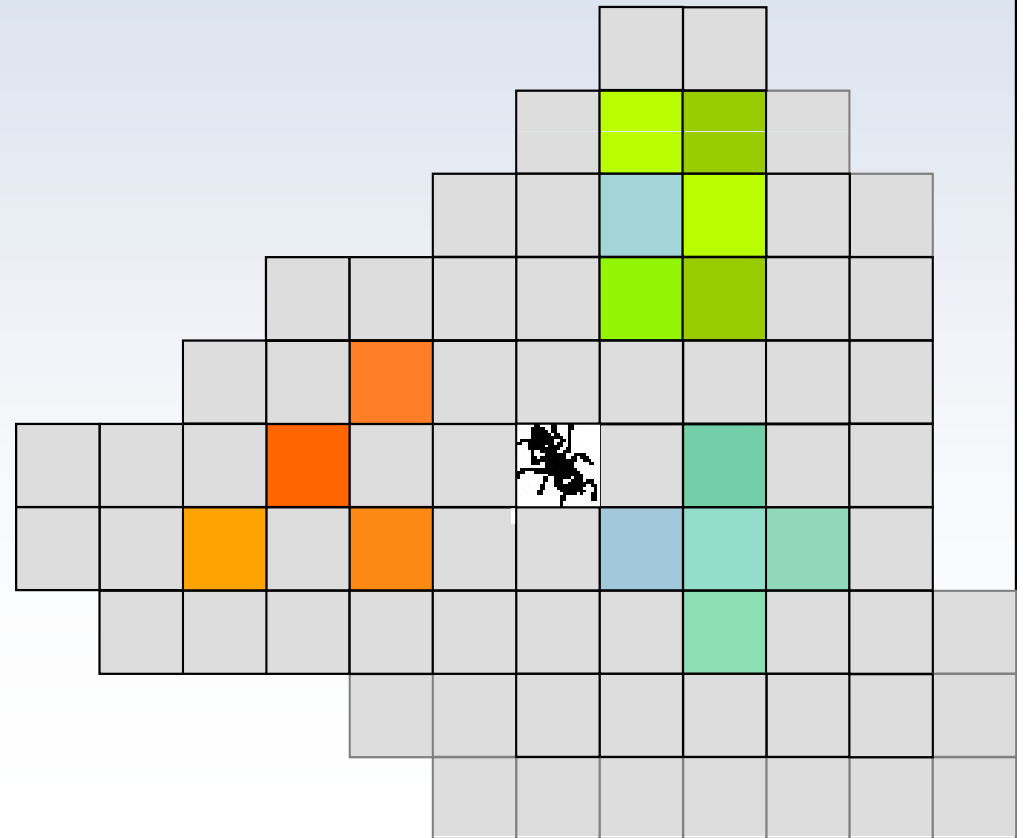


1. Einleitung

Zur Erinnerung

Eigenschaften des Systems:

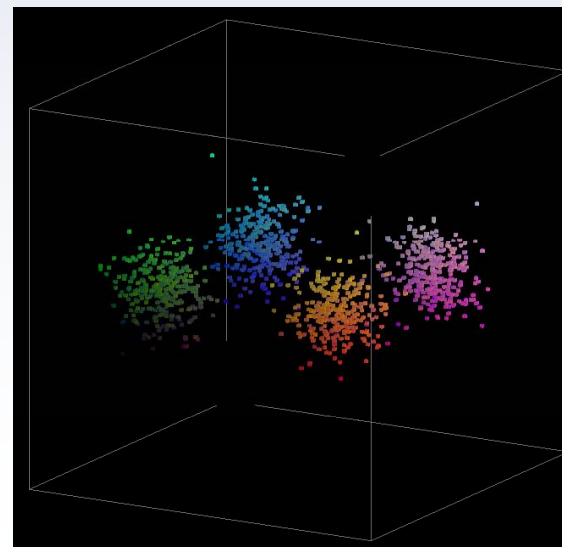
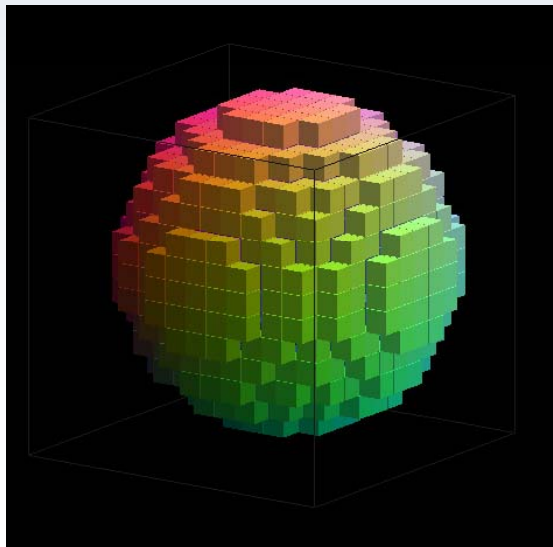
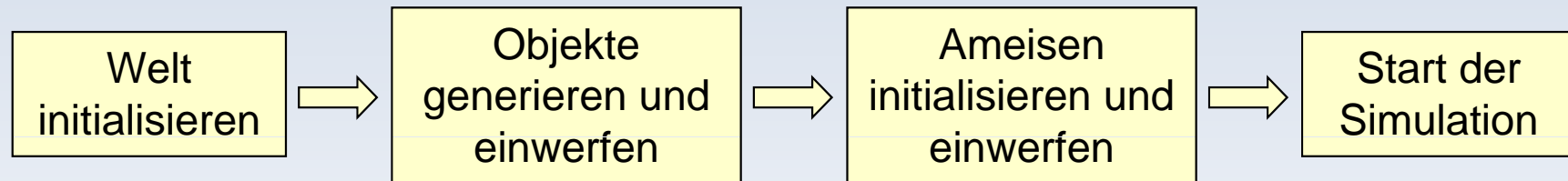
- Welt in Schleifen aufgebaut
- keine zentrale Kontrolle
- selbstorganisierend
- flexibel
- robust



1. Einleitung

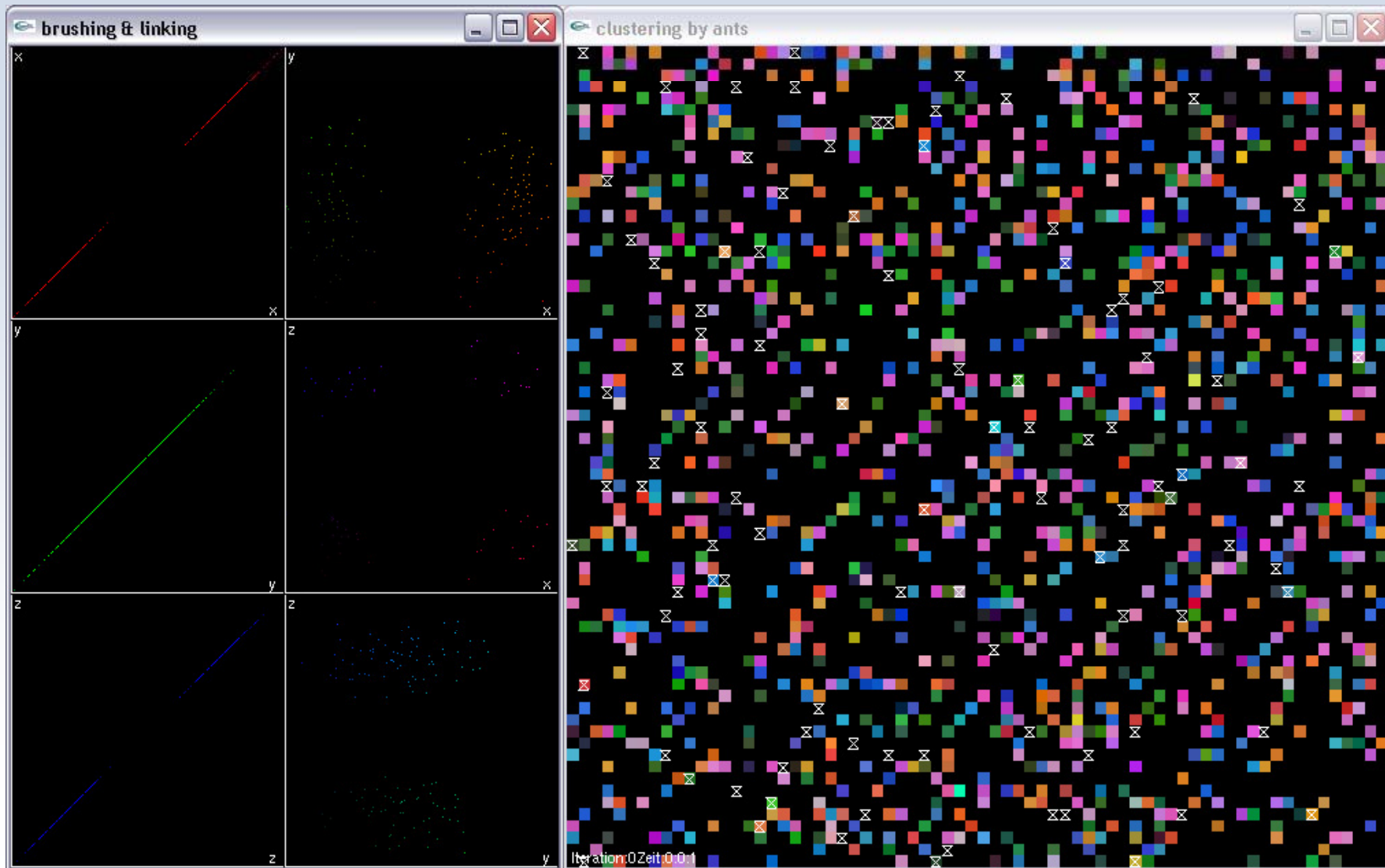
Zur Erinnerung

Ablauf des Systems:



2. Erweiterungen im 2D-Clustering

2. Erweiterungen im 2D-Clustering



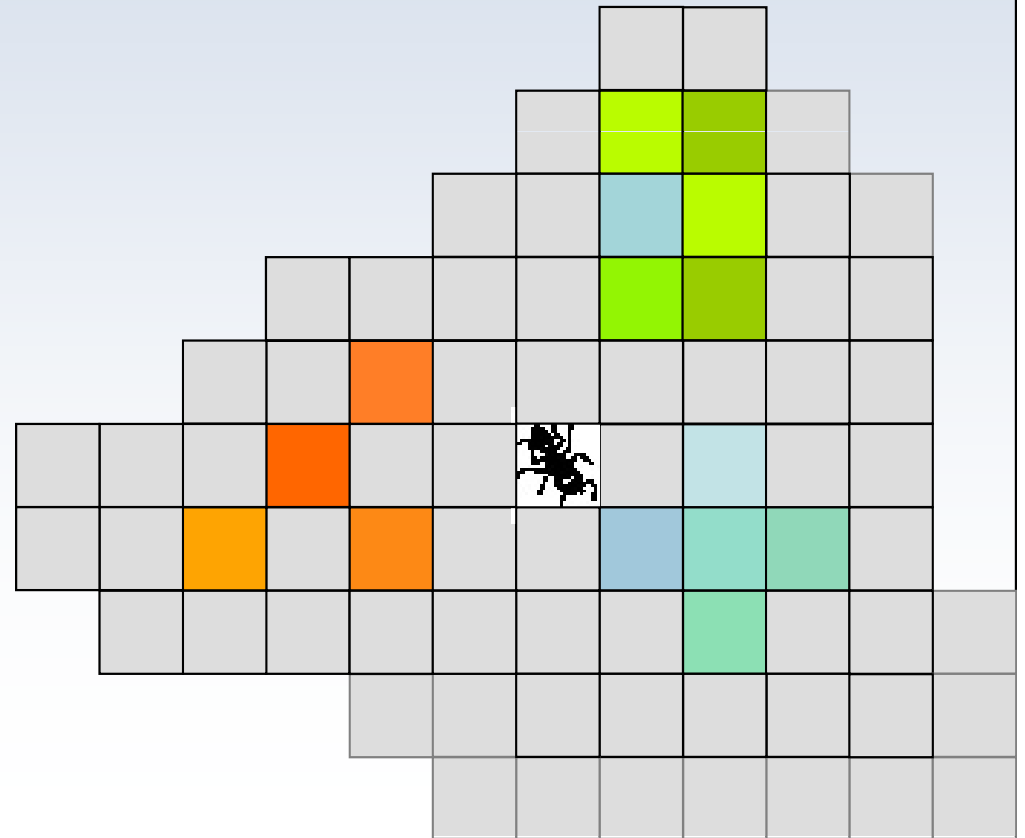
2. Erweiterungen im 2D-Clustering

Der einfache Algorithmus:

- Ameisen prüfen auf Aufnahme bzw. Ablage, wenn sie auf einem Objekt stehen

Die Erweiterungen:

- Dense packing
- Tauschen
- Hüpfen
- Welt verkleinern



2. Erweiterungen im 2D-Clustering

- Input:

- Textdatei mit Objekten

Bsp. : 896.000000,473.000000,733.000000
 755.000000,506.000000,748.000000
 ...

- Output:

- Textdatei mit Auswertung mit Anzahl Ameisen, Anzahl Objekte, Breite und Höhe der Matrix, ...

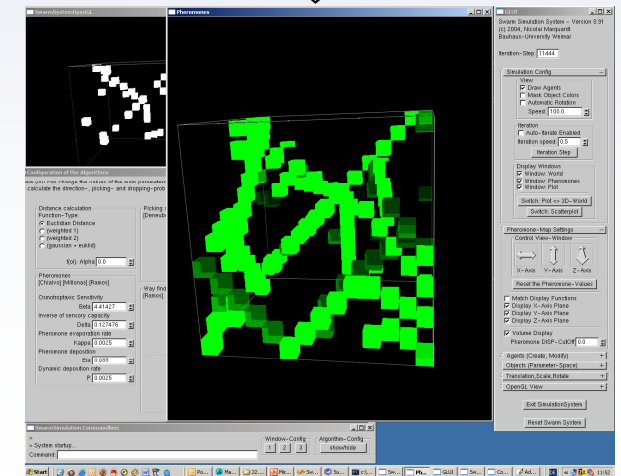
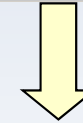
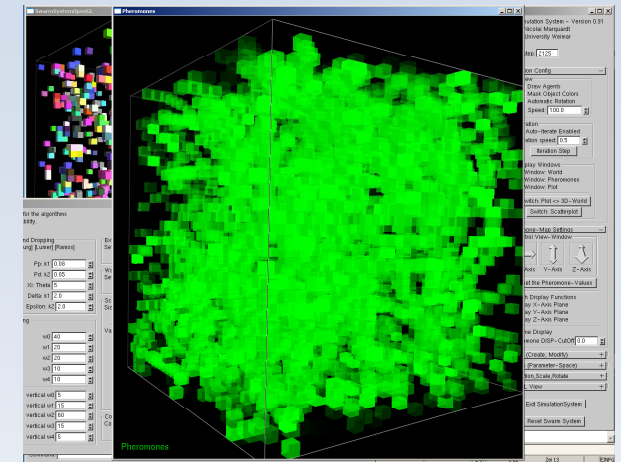
und pro Iteration das aktuelle Sorting und Clustering, Anzahl der beladenen Ameisen, Aufnahmen, Ablagen und Tauschvorgängen

3. Pheromon-Karten, 3D-Abbildungen

3. Pheromon-Karten

Pheromon-Entwicklung

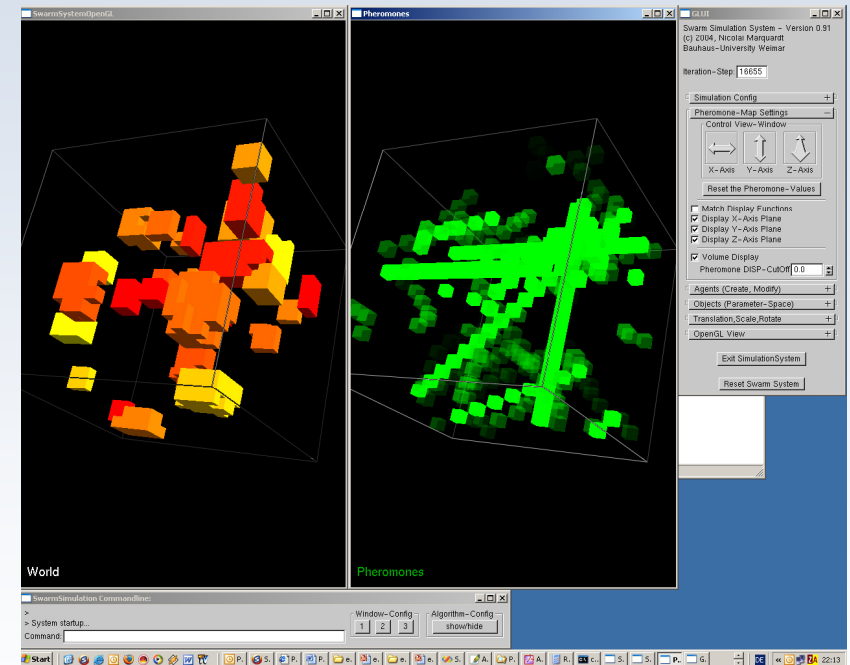
- Untersuchungen der Entwicklung von Wegen und Pfaden in der Pheromon-Karte (3D)
- Parameter-Einstellungen
- Erkenntnisse:
 - Gleichgewicht: Statische und dynamische Pheromonablage, Agenten, Weltgröße, Verdampfungsrate
 - Gleichgewicht: Richtungs-e-Funktion und Beta (Zufalls-Entscheidungen wichtig)
 - Parameter-Änderungen zur Laufzeit schwierig, sensible Reaktion
 - Entwicklung der Pfade erst nach vielen Iterationen



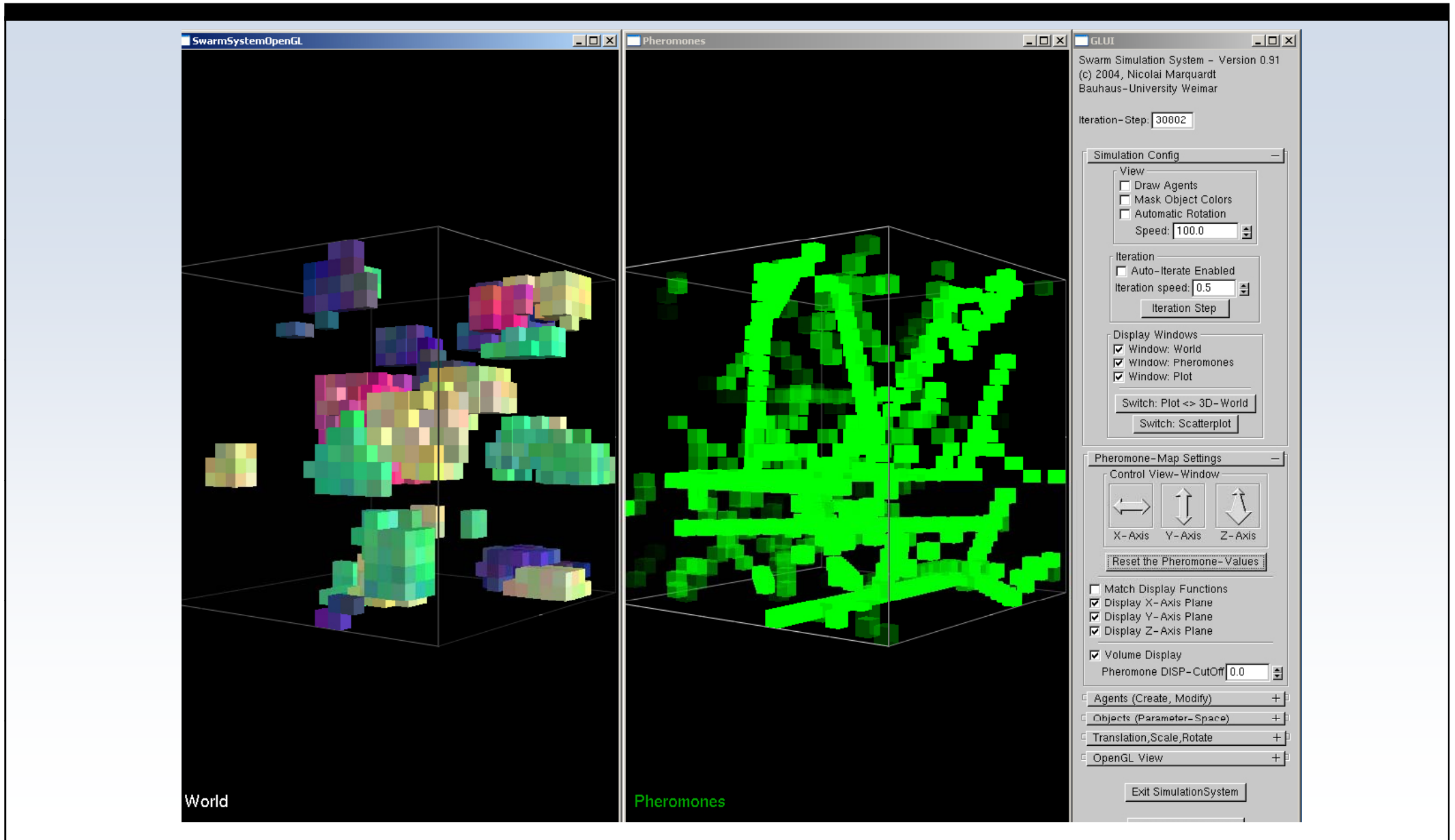
3. Pheromon-Karten

Pheromon-Entwicklung

- Pfade zwischen Clustern
 - Gegenseitig: mehr Pheromone bei Clustern, auch mehr Agenten
 - Hohe Aktivität in der Nähe von Clustern
- Wichtige Frage: Was repräsentieren Pfade zwischen Clustern?
 - Verbindungen zwischen im Parameter-Raum maximal verschiedenen Clustern
 - Aktivitäts-Bahnen der Agenten zwischen Häufungen der Objekte
 - Maximal-Kapazität: Wahrnehmungsschwelle der Agenten



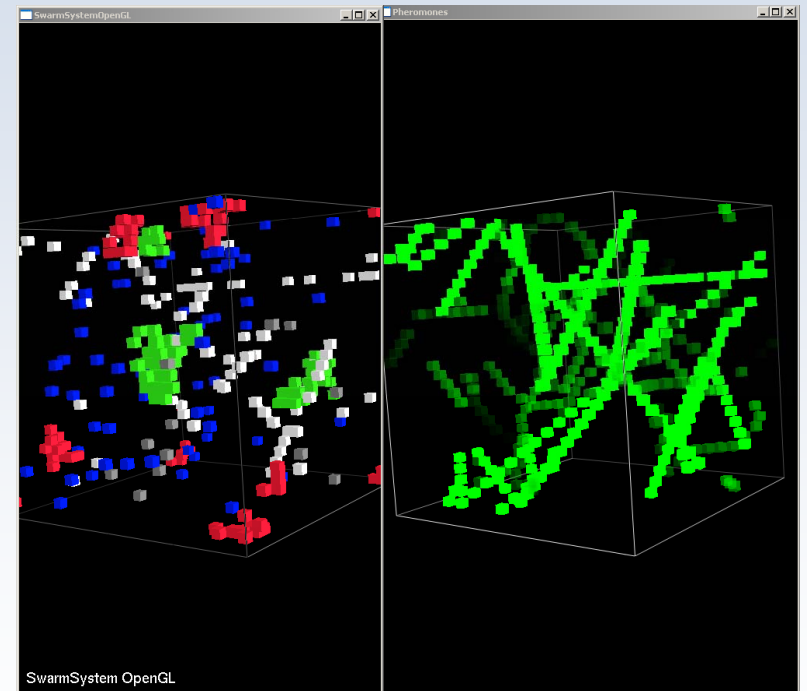
3. Pheromon-Karten



3. Pheromon-Karten

Pheromon-Entwicklung

- Nutzung der Bahnen
 - Während Entstehung der Pfade werden bereits erste Cluster gebildet
 - Anschließend: Pfade zwischen den größten Häufungen von Objekten
 - Agenten bewegen sich zu größter Wahrscheinlichkeit auf Bahnen; finden somit zu einer Auswahl an Clustern
 - Bewegung mit geringer Wahrscheinlichkeit abseits der gebildeten Bahnen



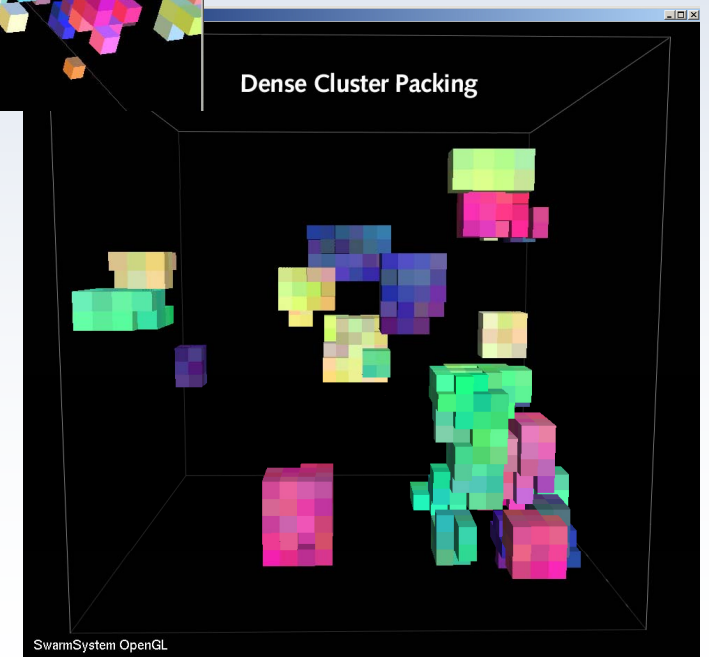
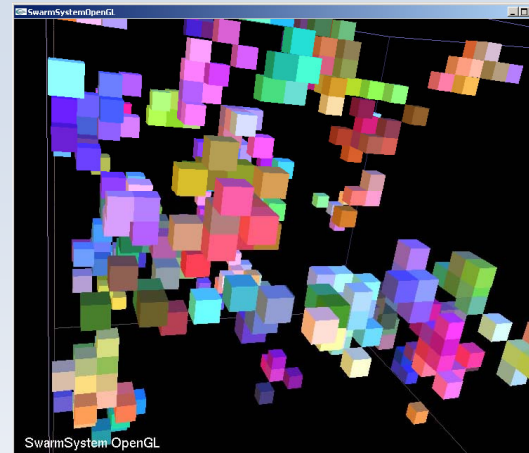
3. 3D-Abbildungen

3D-Abbildungen, Volumengrafik

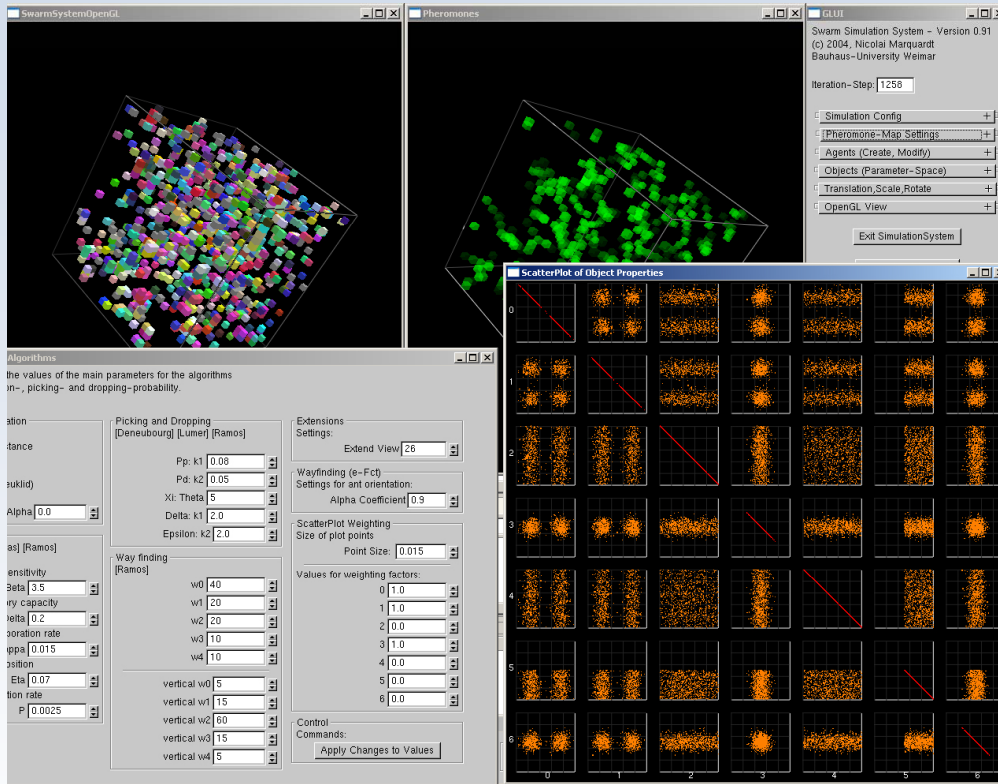
- Entscheidung 2D, 3D
 - Motivation für drei Dimensionen:
 - In 3D möglicherweise weitere Möglichkeiten der Abbildung von Daten-Zusammenhängen: Formen, Gebilde
 - Untersuchung der Schwärme in 3D und Möglichkeiten der Darstellung
 - Schwierigkeiten:
 - Volumendarstellung der Objekt-Welt und Pheromon-Karte
 - Exploration einer 3D-Karte: Ebenen oder Volumen mit Transparenz
 - Verdeckung: vor allem bei dichter Besetzung
 - Bei SI-Algorithmen: Gruppierung wichtig, nicht relative und absolute Position
 - Mögliche andere Anwendungen
 - Bedeutung der Form: Bauen von Strukturen; Regel-Set

3. Erweiterungen

- Dense cluster packing 3D:
 - Dichtere Cluster entwickeln
 - Gewichtung für Positionen in den umliegenden 26 Feldern (3)
 - Zwei Typen von Agenten zur Beschleunigung der Sortierung
- Schrittweiten
 - Agenten haben unterschiedliche Geschwindigkeiten
 - i.d.R. zwei Agenten-Typen
 - Bestimmung der Verteilung
- Gedächtnis und Sprünge
 - bei Nutzung der Pheromon-Karten nicht realisierbar



3. Erweiterungen



Daten/Scatterplot/Gewichtung:

- Gauss-Verteilungen
 - Häufungen, Zufallsverteilungen
 - Möglichkeit, den Einfluss der Eigenschaften auf Entscheidung der Agenten zu ändern
 - Initial oder während Laufzeit
 - Filterung/Sperrung (=0)
- Beobachtungen der Entwicklung der Sortierungen während Laufzeit
- Real-Time-Interaction
- Visualisierung schwierig
- System-Änderung zu langsam

3. Prototypen

DEMO Pheromone

SwarmSystem OpenGL: 3D

Programm starten:



4. ■ Alternativer Algorithmus, Erweiterungen

4. Alternativer Algorithmus, Erweiterungen

Ant-Algorithmus nach Prinzipien von J. Handl (2003)

- Ameisen verfügen über *Kurzzeitgedächtnis*
- Ameisen erhöhen *Wahrnehmungsradius*
- Dynamische *Anpassung der Nachbarschaftsfunktion*
- Temporäre Anpassung der Nachbarschaftsfunktion zur räumlichen Verteilung der Cluster

4. Alternativer Algorithmus, Erweiterungen

Vergleich Ant-Algorithmen

	V. Ramos	J. Handl
Initialisierung	<ul style="list-style-type: none">- Verteilen von Objekten- Verteilen von Ameisen	<ul style="list-style-type: none">- Verteilen von Objekten- Verteilen und Beladen der Ameisen- Bewegung
Ablage	<ul style="list-style-type: none">- Entscheidung nur auf leerem Feld- Erweiterung auf belegtem Feld durch Austausch	<ul style="list-style-type: none">- Entscheidung auch auf belegtem Feld
Aufnahme	<ul style="list-style-type: none">- Entscheidung auf belegtem Feld	<ul style="list-style-type: none">- nach jeder Ablage werden freie Objekte versucht, aufzunehmen
Bewegung	<ul style="list-style-type: none">- Abgabe und Aufnahme von Pheromon- Wahrscheinlichkeit für hohe Richtungsänderung gering- Schrittweite = 1	<ul style="list-style-type: none">- nach Aufnahme eines Objektes, Sprungversuch zu gemerkter Position- ansonsten zufällige Bewegung (Schrittweite)

4. Alternativer Algorithmus, Erweiterungen

Nachbarschaftsfunktion

- Funktion zur Evaluation der Güte der Nachbarschaft bzgl. Objekt i

negatives Feedback für leere Zellen in der Nachbarschaft
-> enge Anordnung

negatives Feedback für hohe Distanzen
-> Aufteilung in Cluster

$$f(i) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left[\frac{1}{d_{ij}^\alpha} - \frac{1}{d_{ij}^\beta} \right]$$

Distanzfunktion $d_{ij} \in [0,1]$

Größe der Nachbarschaft (hier 9)

Objekt aus der Nachbarschaft von i

Skalierungsparameter $\alpha \in (0,1]$ ist abhängig von den Daten

-> Erhöhung, wenn Ablageentscheidung fehlschlägt

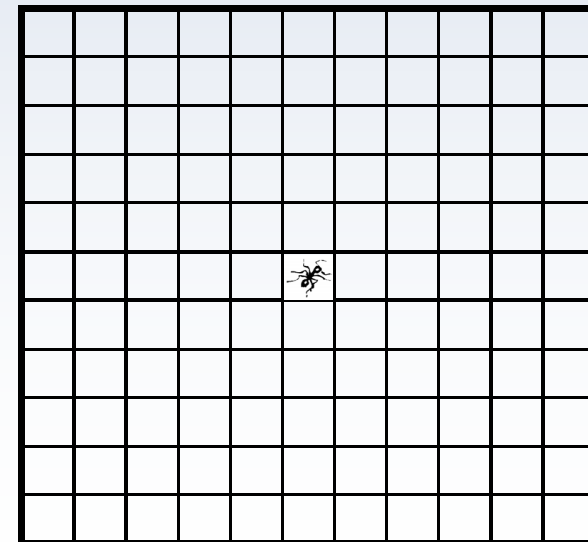
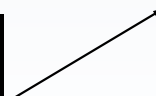
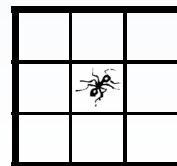
4. Alternativer Algorithmus, Erweiterungen

Kurzzeitgedächtnis

- Merken der letzten Ablagepositionen
- bei Aufnahme neues Objekt, Untersuchung, ob gespeicherte Position eventuell günstig wäre
 - > wenn ja: Sprung und Ablage, ansonsten zufällige Bewegung

Wahrnehmungsradius

- Erhöhung des Radius der Wahrnehmung erweitert die Sicht der Ameise
- Radius wird linear während der Laufzeit von 1 auf 5 erhöht
- $1/\sigma^2$ bleibt konstant
- > $f(i)$ wird größer



4. Alternativer Algorithmus, Erweiterungen

Dynamische α -Anpassung der Nachbarschaftsfunktion

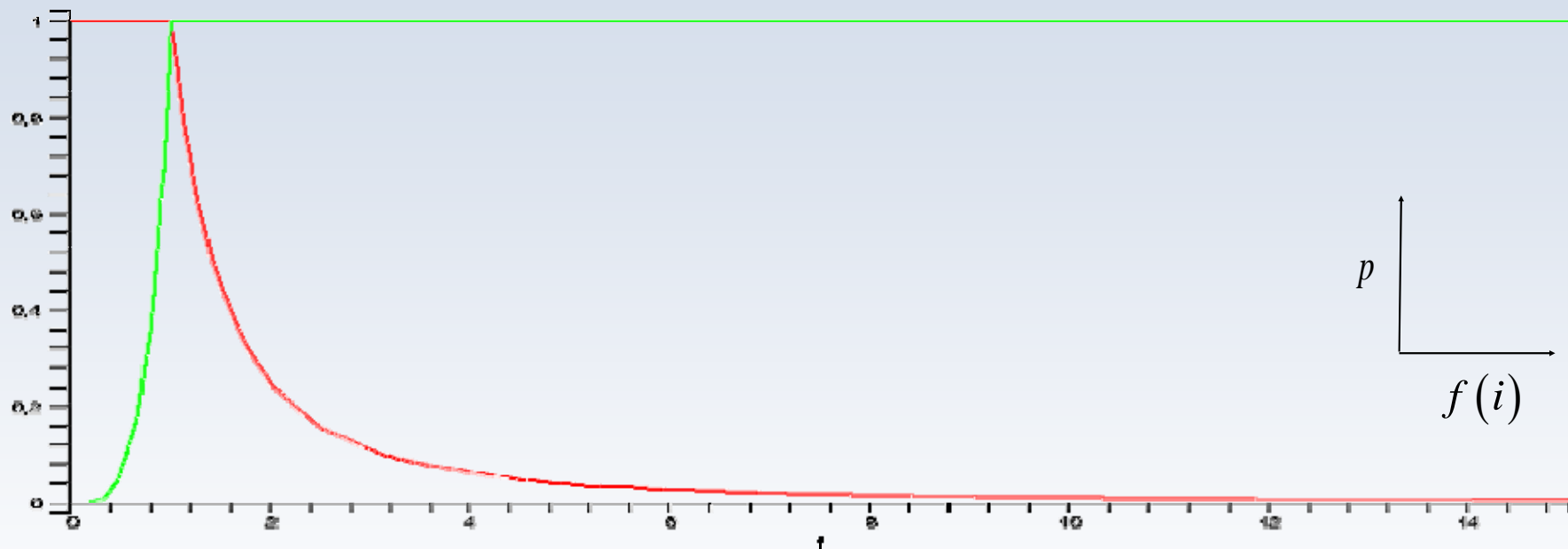
- d_{ij}/α : α skaliert Distanzmaß
- Skalierung abhängig von Verteilung der Daten im featurespace

Räumliche Separation der Cluster

- Problem: Clusterbildung in allen dichten Regionen von ähnlichen Objekten
- Lösung: modifizierte Nachbarschaftsfunktion bei etwa $0.5 * \#Iterationen$
-> $1/\sigma^2$ wird ersetzt durch $1/N_{occ}$, wobei N_{occ} nur Anzahl der echt belegten Zellen
- alleinige Betrachtung der Ähnlichkeit, nicht Dichte führt zu bursting
- beim Zusammenziehen bilden sich andere Clustermittelpunkte

4. Alternativer Algorithmus, Erweiterungen

Wahrscheinlichkeiten für Aufnahme und Ablage von Objekten

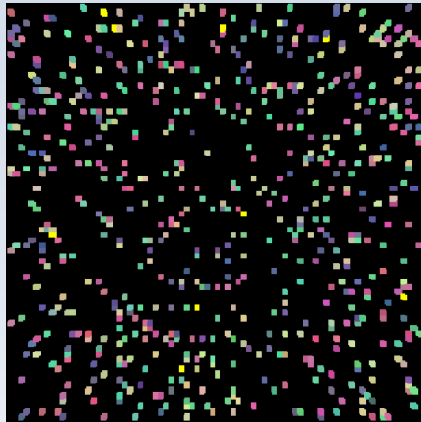


$$P_{pick} = \begin{cases} 1.0 & | \quad f(i) \leq 1.C \\ \frac{1}{f(i)^2} & | \quad sonst \end{cases}$$

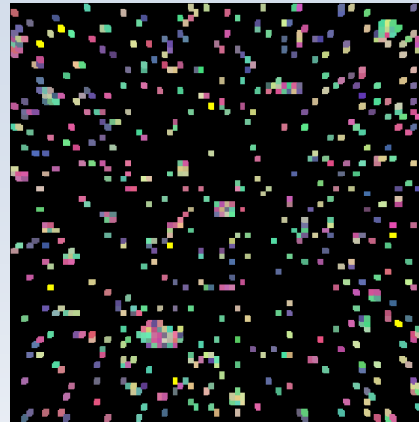
$$P_{drop} = \begin{cases} 1.0 & | \quad f(i) \geq 1.C \\ f(i)^{-4} & | \quad sonst \end{cases}$$

4. Alternativer Algorithmus, Erweiterungen

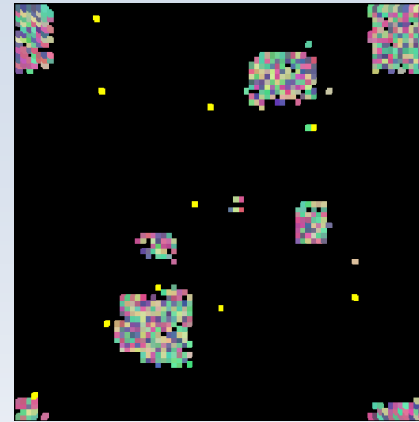
80x80 Gitter, 640 Objekte – 4x 3D-Cluster, 10 Ameisen, 20min (AMD 1900+)



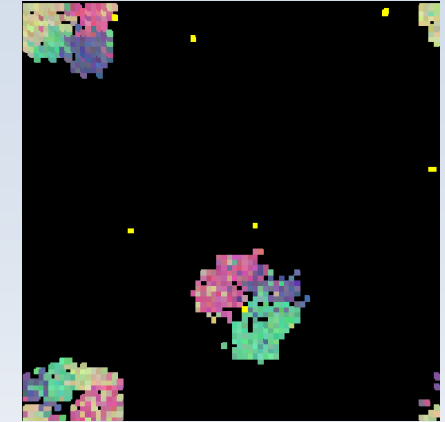
0 Iterationen



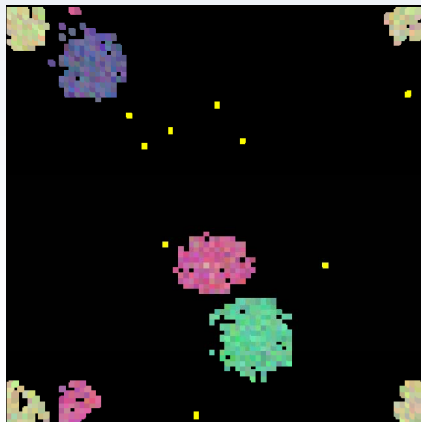
30.000 Iterationen



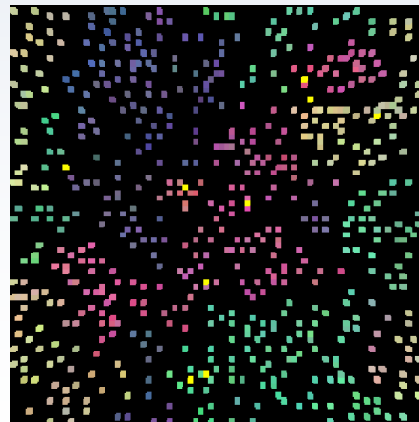
110.000 Iterationen



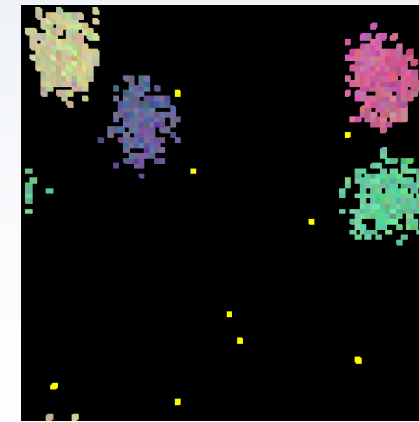
320.000 Iterationen



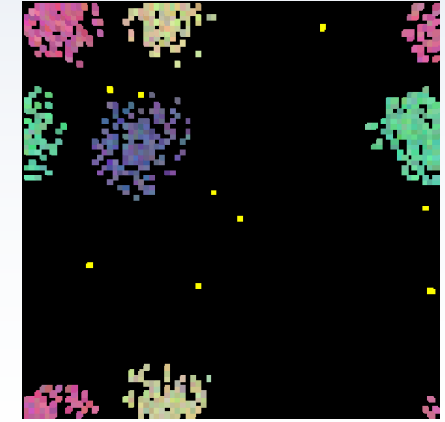
450.000 Iterationen



590.000 Iterationen



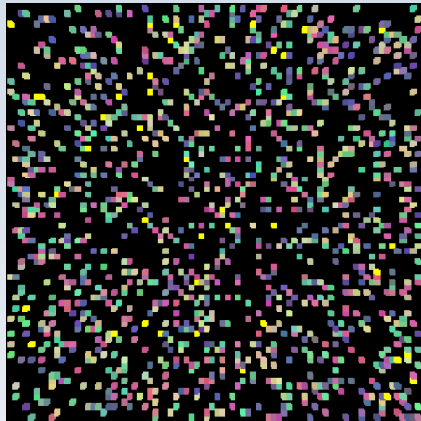
850.000 Iterationen



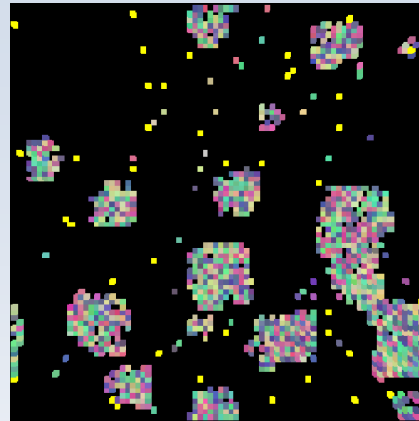
1.130.000 Iterationen

4. Alternativer Algorithmus, Erweiterungen

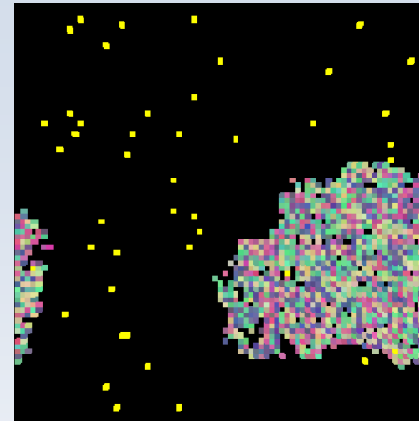
80x80 Gitter, 1280 Objekte – 4x 3D-Cluster, 50 Ameisen, 100min (AMD 1900+)



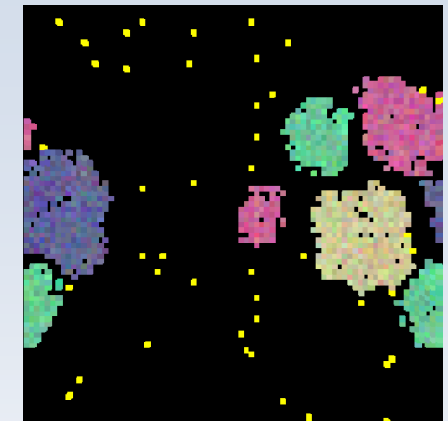
0 Iterationen



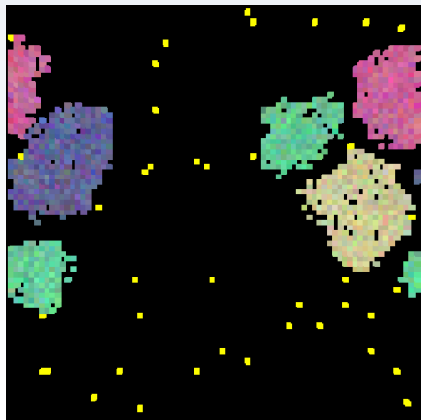
30.000 Iterationen



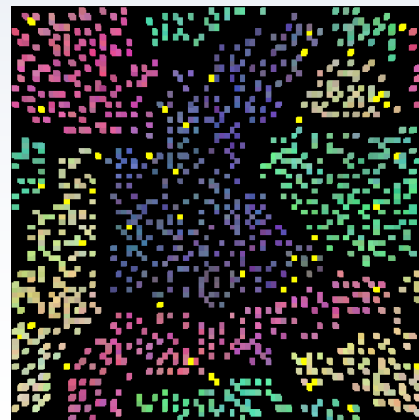
230.000 Iterationen



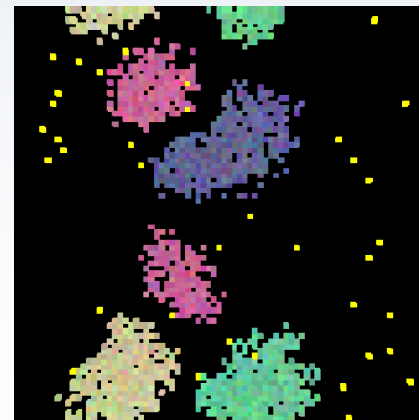
360.000 Iterationen



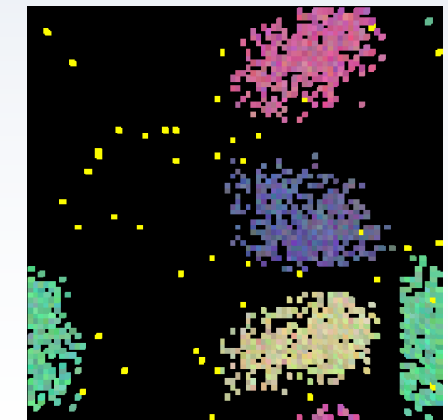
490.000 Iterationen



650.000 Iterationen



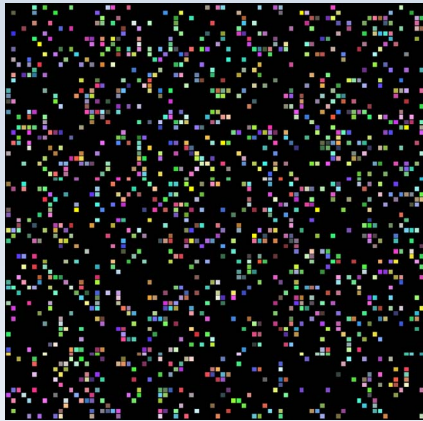
870.000 Iterationen



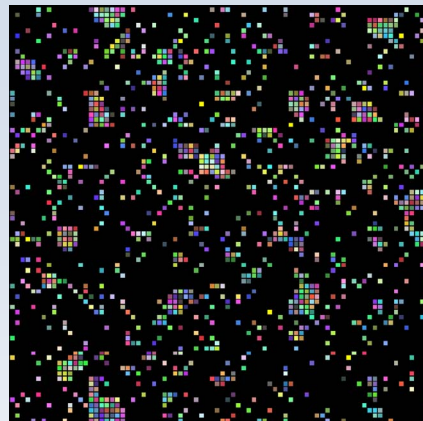
1.100.000 Iterationen

4. Alternativer Algorithmus, Erweiterungen

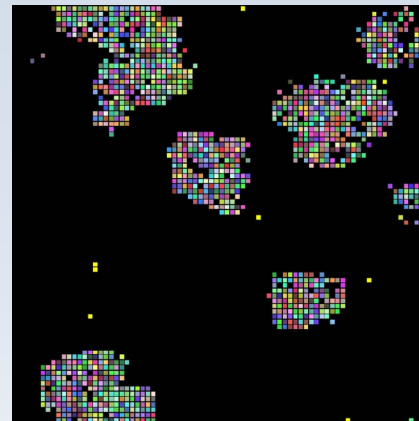
80x80 Gitter, 1280 Objekte – 3D gleichverteilt, 10 Ameisen, 20min (AMD 1900+)



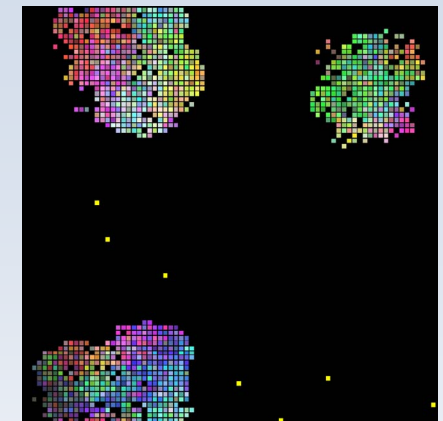
0 Iterationen



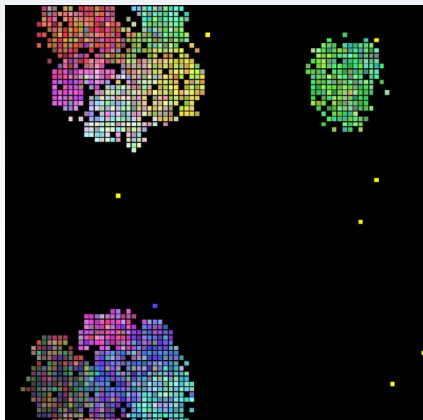
30.000 Iterationen



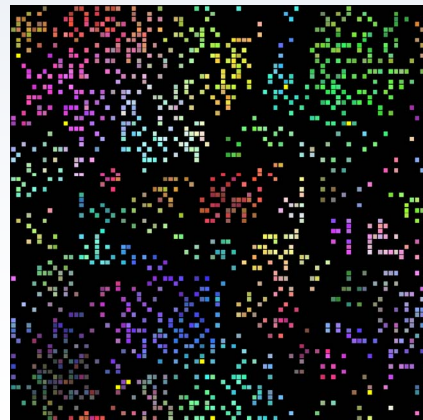
220.000 Iterationen



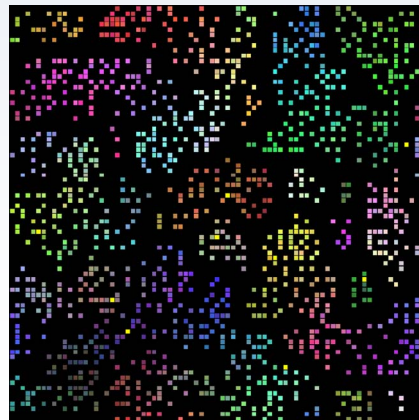
350.000 Iterationen



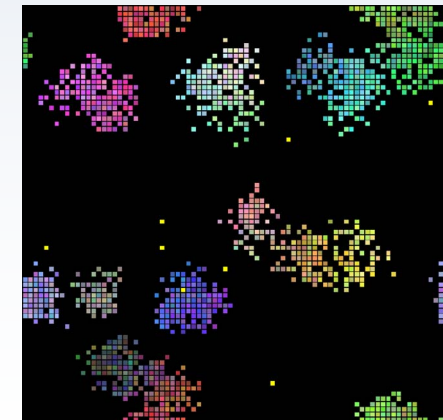
450.000 Iterationen



590.000 Iterationen



700.000 Iterationen



850.000 Iterationen

4. Alternativer Algorithmus, Erweiterungen

Problem: Parallelisierung

- Ameisen nicht unabhängig voneinander (Bewegung, Ablage von Objekten)

Problem: Hinzufügen von Objekten zur Laufzeit

- verschiedene Stufen, die auf Zustände der vorhergehenden Stufe aufbauen
- > nur jeweils so viele Objekte hinzu, daß Zustände erhalten bleiben
- > Messung: Verwendung Maße *Sortierung, Zusammenhang*

Problem: Veränderung der Gewichtung von featurespace Dimensionen

- Distanzfunktion verändert sich
- > Algorithmus beginnt von vorn

Problem: Rechenzeit

- Messung der Zustände und automatisches Erhöhen des Wahrnehmungsradius sowie Verändern der Nachbarschaftsfunktion

Zusammenfassung und Ausblick

Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit!

4. Alternativer Algorithmus, Erweiterungen

Maß: Sortierung (bzgl. featurespace)

- ist hoch, wenn Eigenschaftswerte von Nachbarobjekten ähnlich sind

Summe über alle Objekte

Summe über alle Nachbarn j eines Objektes i

Gewichtung der normalisierten Distanz über Manhattan-Distanz

$$w_j = \frac{1}{\sqrt{\sum_{k=0}^{l-1} |i_k - j_k|}}$$
$$S = 1 - \frac{\sum_{i=0}^{n-1} \left(\frac{\sum_{j=0}^{m-1} d_{ij} \cdot w_j}{d_{\max}} \right)}{\sum_{i=0}^{n-1} \left(\sum_{j=0}^{m-1} w_j \right)}$$

Summe über Gewichtungen aller Nachbarn j

4. Alternativer Algorithmus, Erweiterungen

Maß: Zusammenhang (bzgl. environment)

- ist hoch, wenn Objekte dicht gepackt

Summe über Manhattan-Distanzen

Gewichtung nach Manhattan-Distanz

Anzahl freier Nachbarn mit Distanz i bei n Objekten

$$C=1 \left[\frac{\sum_{i=0}^{1,2} w_i (\max_i - \alpha t_i)}{\sum_{i=0}^{1,2} w_i (\max_i - \min_i)} \right]$$

max Anzahl freier Nachbarn mit Distanz i für n Objekte

min Anzahl freier Nachbarn mit Distanz i für n Objekte ("Dichte Packung")