

Mustererkennung in spatio-temporalen Bewegungsdaten

AW2-Vortrag von Torben Woggan

14.06.2012

Gliederung

- ▶ Einleitung
- ▶ Grundlagen
- ▶ Vergleichbare Projekte
- ▶ Abgrenzung & Ausblick
- ▶ Literaturliste

Muster in Bewegungsdaten

- ▶ Jede erkennbare räumliche oder zeitliche Regelmäßigkeit oder jedes interessante Verhältnis in den Daten
- ▶ Entstehen u.a. durch bewusste oder unterbewusste Interaktion mit der Umwelt (Objekte, Subjekte)
- ▶ Muster erlaubt Durchsuchen der Daten nach Vorkommen des Musters
- ▶ Interesse an Arten der Muster abhängig vom Anwendungsbereich
- ▶ Keine Übereinkunft über relevante Arten der Muster

Einsatz von Mustererkennung

- ▶ Analyse des Bewegungsverhaltens von Tieren
 - Laufen alle Wildtiere zum gleichen Wasserloch?
 - Lässt sich das Alpha-Tier erkennen?
 - Lässt sich Schwarm-Intelligenz nachweisen?
- ▶ Analyse eines Fußballspiels
 - Lassen sich bestimmte Taktiken feststellen?
 - Welches Team hatte die erfolgreichereren Verteidigungslinien?
- ▶ Überwachung von Bereichen
 - Tritt in einem Bereich etwas unerwartetes auf?

Rückblick „WALK“

- ▶ Agentenbasierte Evakuierungssimulation
- ▶ Simulation von Evakuierungen in bestimmten Szenarien
- ▶ Gefahr-Stellen und -Situationen identifizieren
- ▶ Erfordert große Übereinstimmung der Simulation mit der Realität (= Validität)

Einsatz in „WALK“

- ▶ Bisherige automatische Validierung:
 - Anzahl an Agenten in einem Bereich in der Simulation = Anzahl der Personen in dem gleichen Bereich der Vergleichsdaten?
 - Überprüfung des eigentlichen Verhaltens nur durch Menschen
- ▶ Erweiterung der Validierung durch Mustererkennung
 - Treten in der Simulation die gleichen relevanten Muster auf wie in den Vergleichsdaten?
 - Bildung von Spuren, Stau (hohe Dichte), Anführer, Gruppen, ...
 - Hat das Auftreten von bestimmten Mustern die gleichen Folgen?
 - Verringerung der Geschwindigkeiten in bestimmten Bereich führt zu Stau, ...

Gliederung

- ▶ Einleitung
- ▶ Grundlagen
- ▶ Vergleichbare Projekte
- ▶ Abgrenzung & Ausblick
- ▶ Literaturliste

Aufbau der Bewegungsdaten

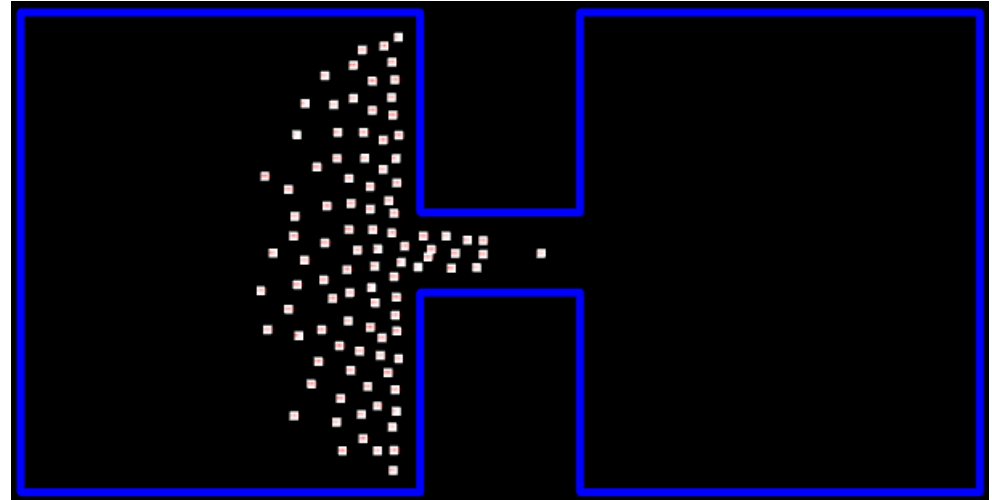
- ▶ Moving Point Objects (MPO)
 - Dimension des Objektes / Subjektes wird ignoriert
 - Trajektorien („Raumbezogene Lebenslinien“)
 - Folgen aus min. ID, Ort und Zeit, Zeitpunkte für alle MPOs möglichst gleich
 - Abgeleitete Werte
 - Geschwindigkeit, Beschleunigung, Ausrichtung, Dichte, ...
 - Quellen: GPS, Videoaufnahmen, ...

Entdeckung neuer Muster

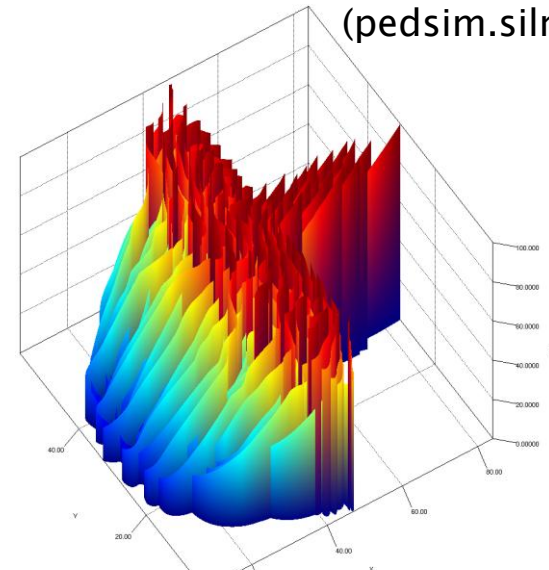
- ▶ Data-Mining
 - Anwenden bestimmter Algorithmen zur Extrahierung von Mustern aus Daten
- ▶ Visualisierung der Daten („Visual Analytics“)
 - Reduzierung der Komplexität der Daten
 - Visualisierung vereinfacht das Erkennen von Zusammenhängen stark
 - Erkennen von neuen Mustern durch Menschen
- ▶ Hypothesen und Theorien aufstellen und testen
 - Beschreibt das Muster die gewünschte Situation ausreichend?

Vorgehen im Projekt

- ▶ Definition von interessanten Szenarien
- ▶ Simulieren und Aufzeichnen der Daten
- ▶ Visualisierung in verschiedenen Darstellungen
- ▶ Hypothesenbildung



Szenario mit Engstelle und Stau in PedSim
(pedsim.silmaril.org)



x-y-t-Diagramm des Szenarios

Gliederung

- ▶ Einleitung
- ▶ Grundlagen
- ▶ Vergleichbare Projekte
- ▶ Abgrenzung & Ausblick
- ▶ Literaturliste

Bewegungsmuster in der Forschung

- ▶ Social Forces Model, Helbing et al. [4]
 - Erfüllung beobachteter emergenter Bewegungsmuster in einem Simulationsmodell
- ▶ Klassifizierung von Bewegungsmustern, Dodge et al. [1]
 - Rahmen zur Beschreibung von Bewegungsdaten
 - Definition von Bewegungsmustern
 - Einteilung der Muster in Klassen
- ▶ REMO, Laube et al. [6][7]
 - Konzept zum automatischen Erkennen von Bewegungsmustern

Social Forces Model

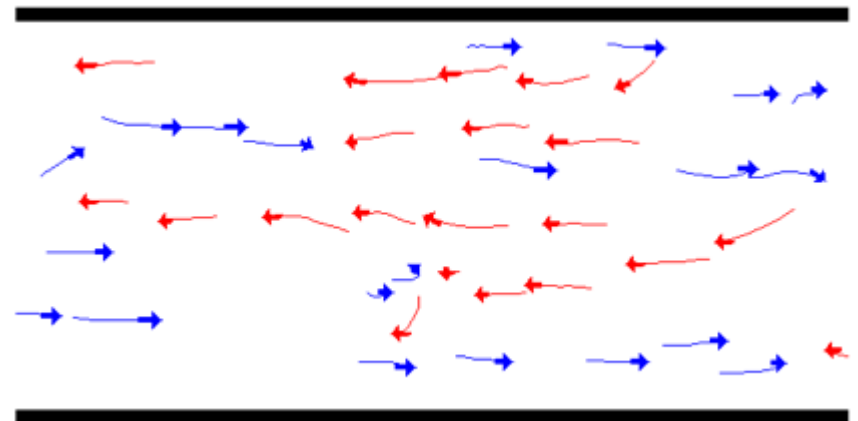
Muster im „Social Forces Model“

- ▶ „Soziale Kräfte“
 - Simulationsmodell für Fußgänger
 - Anziehende Kräfte
 - Zielorte, ...
 - Abstoßende Kräfte
 - Wände, andere Agenten, Hindernisse, ...
- ▶ Zeigt in der Realität beobachtete emergente (= aus dem Zusammenspiel entstehende) Bewegungsmuster
 - Unterbewusst ablaufend, keine Kommunikation nötig
- ▶ Beispiel-Simulation: PedSim

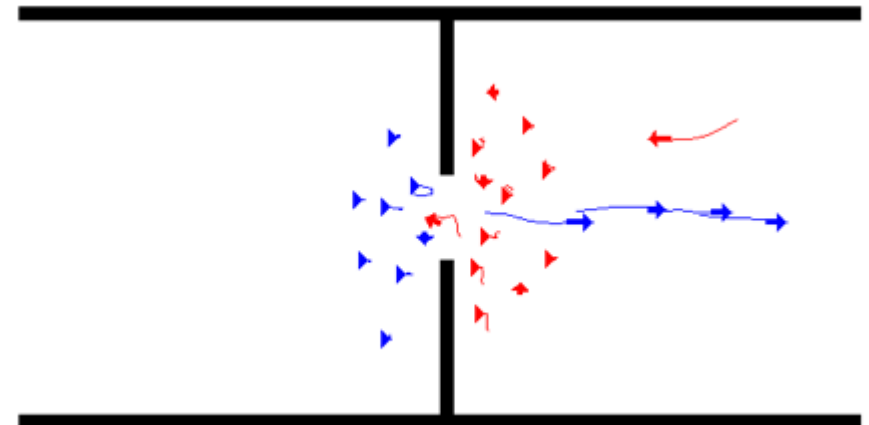
Muster im „Social Forces Model“



Rechts laufen, antrainiert [4]



Spurbildung [9]



Wechselnde Flüsse an Engstellen [9]

Klassifizierung von Bewegungsmustern

Gründe für die Klassifizierung

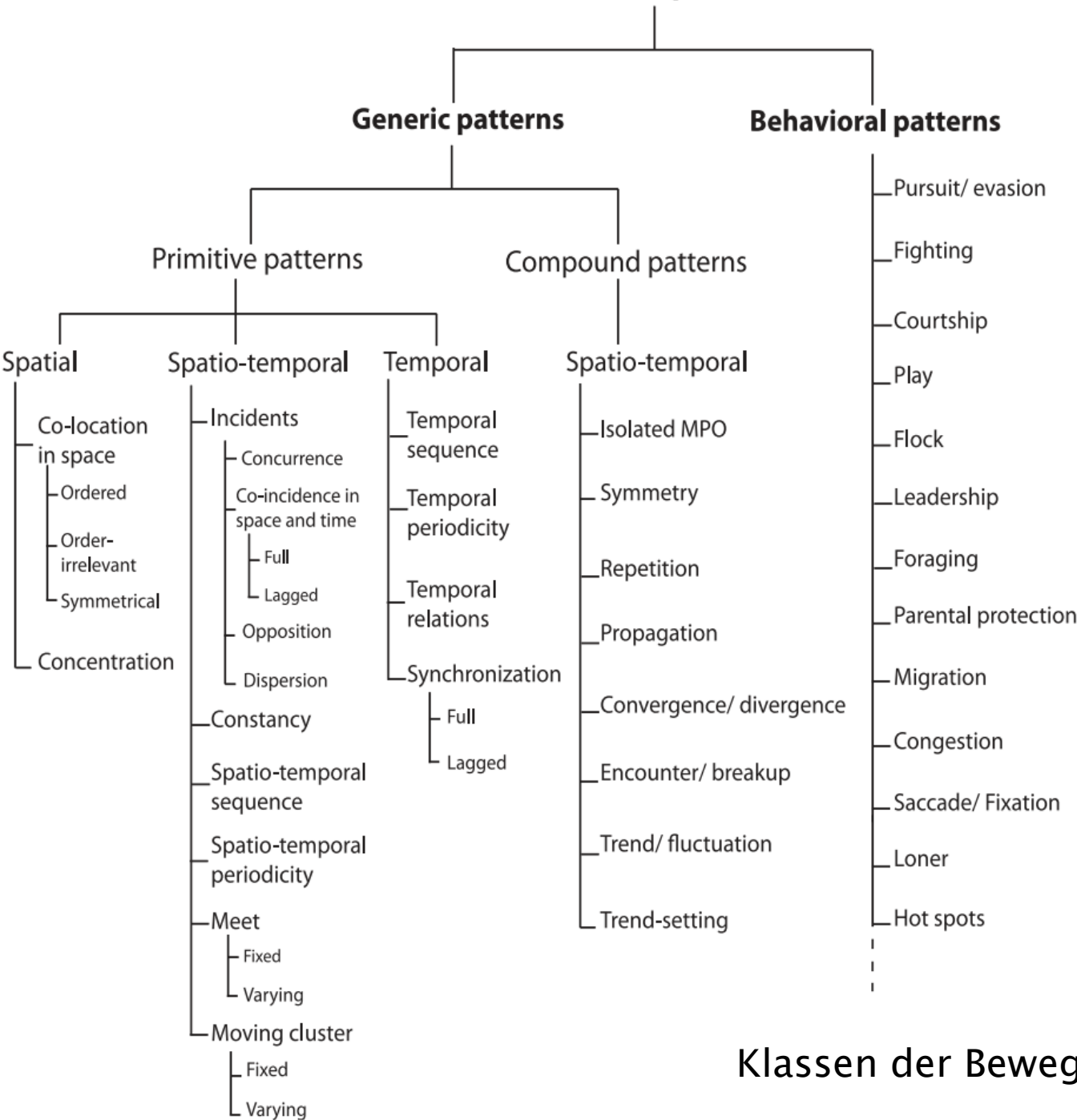
- ▶ Bisher wenig Übereinkunft über relevante Bewegungsmuster und Modellierung von Mustern
- ▶ Ziel
 - Konzept als Basis für die Entwicklung von Mustererkennungs- und Informationsvisualisierungs-Algorithmen
 - Effizient: Benutzbar mit riesigen Datenmenge
 - Effektiv: Verlässliches Erkennen der Muster
 - Generisch: Verwendbar für verschiedene Arten von Bewegungsdaten
- ▶ Zwischenziele
 - Konzeptueller Rahmen zur Beschreibung von Bewegungsdaten
 - Aufteilung der Bewegungsmuster in Klassen
 - Definition der Muster der Klassen

Beschreibung von Bewegungsdaten

Parameters Dimension	Primitive	Primary derivatives	Secondary derivatives
Spatial	Position (x,y)	Distance $f(posn)$	Spatial distribution $f(distance)$
		Direction $f(posn)$	Change of direction $f(direction)$
		Spatial extent $f(posn)$	Sinuosity $f(distance)$
Temporal	Instance (t)	Duration $f(t)$	Temporal distribution
	Interval (t)	Travel time $f(t)$	Change of duration $f(duration)$
Spatio-temporal (x, y,t)	—	Speed $f(x,y,t)$	Acceleration $f(speed)$
		Velocity $f(x,y,t)$	Approaching rate

Bewegungsparameter [1]

Movement patterns



Klassen der Bewegungsmuster [1]

Generische Muster vs. Verhaltensmuster

▶ Generische Muster

- Einfache Bewegungsmuster
 - Konstant in ein Richtung laufen, Treffen, ...
- Beschreiben keinen höheren Sinn des Musters

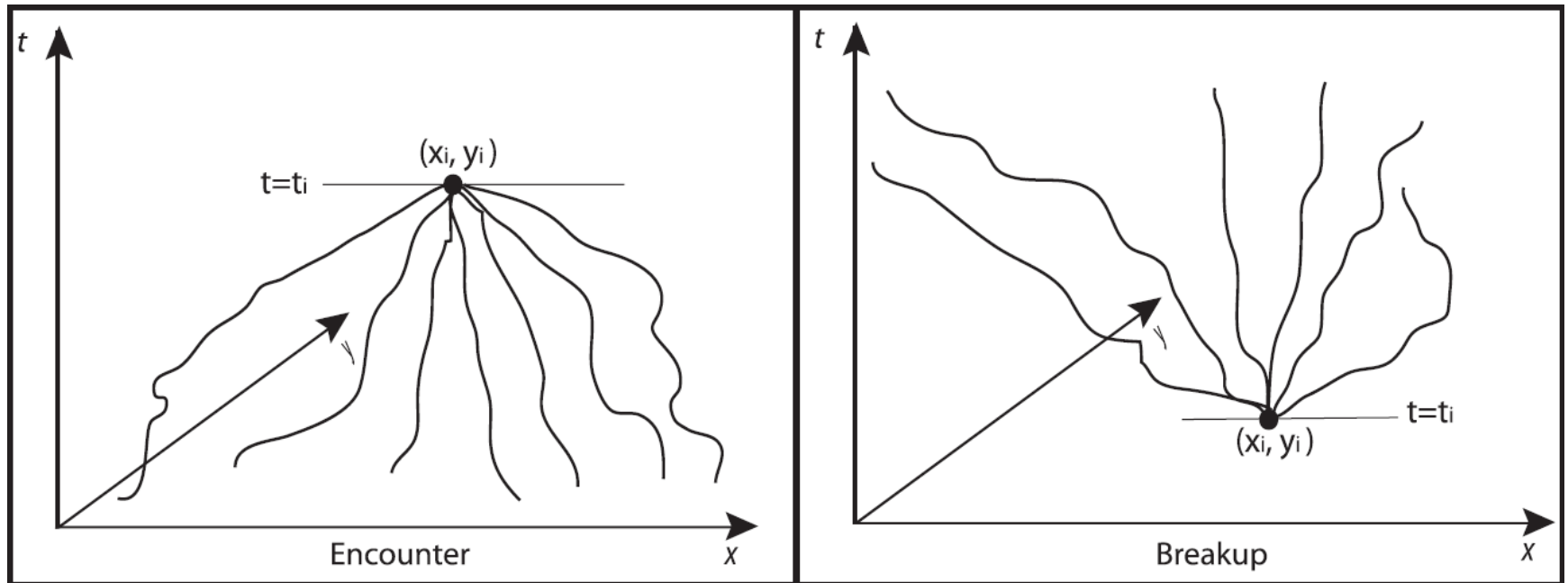
▶ Verhaltensmuster

- Komplexeres Verhalten zusammengesetzt aus mehreren generischen Mustern (Bausteine)
- Geben Erklärungen für das Bewegungsverhalten
 - Anführen, elterlicher Schutz, ...

Primitive Muster vs. zusammengesetzte Muster

- ▶ Primitive Muster
 - Muster mit nur einem sich ändernden Bewegungsparameter
 - Treffen (Position,t), gleiches t für alle Agenten
- ▶ Zusammengesetzte Muster
 - Zusammengesetzt aus primitiven Mustern und mit mehreren sich ändernden Bewegungsparametern
 - Trend-Setting: Agent macht etwas vor, nach einiger Zeit machen es die anderen nach, (Position,t) und nach verschiedenen t folgen die Agenten
 - Komplexe Beziehungen zwischen den Objekten

Definition von Mustern



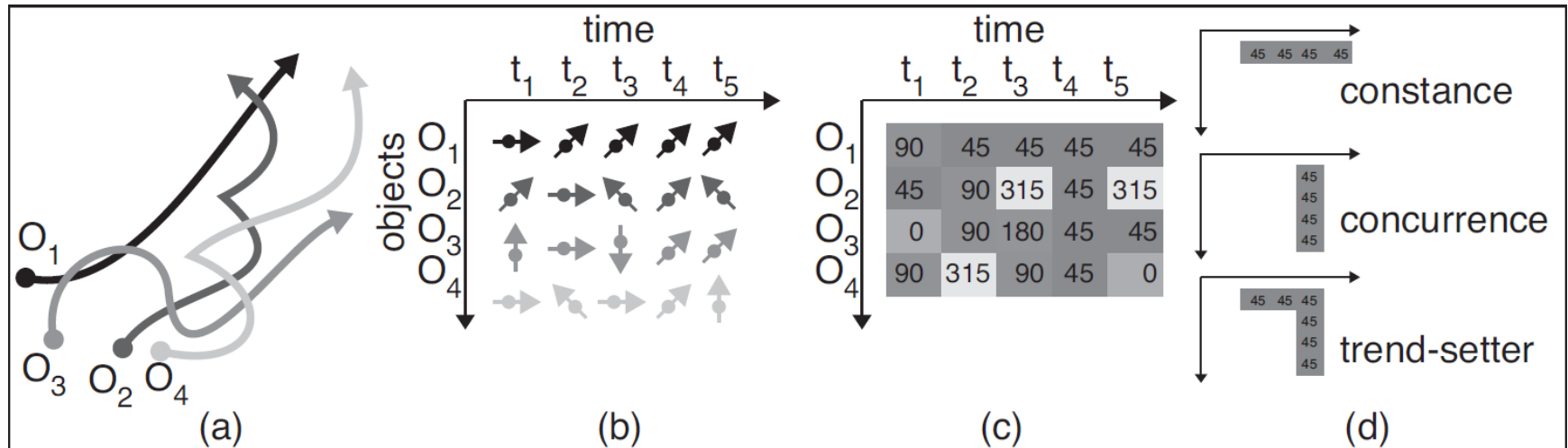
Begegnung und Trennung [1]

RElative MOtion (REMO)

RElative MOtion (REMO)

- ▶ Ziel
 - Benutzerdefinierte Bewegungsmuster in Gruppen von MPOs finden und visualisieren können
- ▶ Zwischenziele
 - Entwicklung eines Analysekonzeptes für Bewegungsdaten
 - Festlegen der Basisarten von Bewegungsmustern
 - Entwicklung von Algorithmen zur Erkennung von Mustern in Bewegungsdaten

REMO-Analysematrix



Erstellung der REMO-Analysematrix [7]

▶ REMO-Analysematrix

- Jeweils für Richtungswinkel, Geschwindigkeit und Änderung der Geschwindigkeit
- Parameter gruppiert in diskrete Klassen (z.B. 45° Winkel)
- Objektachse besitzt keine explizite Anordnung

Basisarten von Bewegungsmustern

Simple patterns		Complex patterns
Patterns over time ↔	Patterns across objects ↔	Patterns over time and across objects ↕
SEQUENCE <i>t:1</i>	INCIDENT <i>1:n</i>	INTERACTION <i>t:n</i>
<p><i>constance</i></p> <p><i>turn</i></p>	<p><i>concurrency</i></p> <p><i>bimodality</i></p> <p><i>dispersion</i></p>	<p><i>trend-setter</i></p> <p><i>independent</i></p>

Basisarten von Bewegungsmustern
mit Beispielen [6]

Erweiterung um Umgebungsinformationen

- ▶ Für manche Muster sind zusätzlich noch Informationen über die Umgebung wichtig
 - Handelt es sich um eine „Herde“?
 - Ist ein Agent der Anführer?
 - Laufen die Agenten zu der selben Stelle oder von der selben Stelle weg?
 - Positionen der Agenten hierfür wichtig
- ▶ Problem
 - Vorwissen über die Muster und Agenten notwendig
 - Welche Ausdehnung hat eine „Herde“?

Gliederung

- ▶ Einleitung
- ▶ Grundlagen
- ▶ Vergleichbare Projekte
- ▶ **Abgrenzung & Ausblick**
- ▶ **Literaturliste**

Abgrenzung & Ausblick

- ▶ **Eigentliches Ziel**
 - Weitere Validierungsmöglichkeit von Fußgängersimulationen durch Mustererkennung
 - Zu diesem konkreten Einsatz keine Paper
- ▶ **Ableitung weiterer Parameter**
 - Dichte, Dichtegefälle, ...
- ▶ **Betrachtung konkreter Szenarien zur Gewinnung neuer Muster**
 - Betrachtung von Gefahrstellen/-situationen bei Evakuierungen
- ▶ **Zusammenhänge zwischen Auftreten von bestimmten Mustern und Folgeereignissen**
 - Vorhersagen treffen

Gliederung

- ▶ Einleitung
- ▶ Grundlagen
- ▶ Vergleichbare Projekte
- ▶ Abgrenzung & Ausblick
- ▶ **Literaturliste**

Literaturliste

- [1] Dodge, S. ; Weibel, R. ; Lautenschütz, A.-K.: *Towards a Taxonomy of Movement Patterns*. In: Information Visualization, 7. Jg. 2008, Heft 3, S. 240–252.
– Online verfügbar unter: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1594716> Letzter Abruf: 12.06.2012
- [2] Gudmundsson, J. ; van Kreveld, M.: *Computing Longest Duration Flocks in Trajectory Data*. In: GIS '06 Proceedings of the 14th annual ACM international symposium on Advances in geographic information systems. New York, NY, USA : ACM, 2006. S. 35–42.
– Online verfügbar unter: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1183479> Letzter Abruf: 12.06.2012
- [3] Gudmundsson, J. ; van Kreveld, M. ; Speckmann, B.: *Efficient Detection of Motion Patterns in Spatio-Temporal Data Sets*. In: GIS '04 Proceedings of the 12th annual ACM international workshop on Geographic information systems. New York, NY, USA : ACM, 2004. S. 250–257.
– Online verfügbar unter: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1032222.1032259> Letzter Abruf: 12.06.2012
- [4] Helbing, D. ; Johansson, A.: *Pedestrian, Crowd and Evacuation Dynamics*. In: Encyclopedia of Complexity and Systems Science (2009), Nr. 16, S. 6476–6496.
– Online verfügbar unter: <http://www.springerlink.com/content/qk06k3x47p26r685> Letzter Abruf: 12.06.2012
- [5] Laube, P.: *A Classification of Analysis Methods for Dynamic Point Objects in Environmental GIS*. In: Proceedings of the 4th AGILE conference on Geographic Information Science. Brünn, CZ : Masaryk University Brno, 2001. S. 121–134.
– Online verfügbar unter: http://plone.itc.nl/agile_old/Conference/brno2001/proceedings/14.pdf Letzter Abruf: 12.06.2012
- [6] Laube, P. ; Imfeld, S.: *Analyzing Relative Motion within Groups of Trackable Moving Point Objects*. In: GIScience '02 Proceedings of the Second International Conference on Geographic Information Science. London, UK : Springer-Verlag London, 2002. S. 132–144.
– Online verfügbar unter: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=646933.710710> Letzter Abruf: 12.06.2012
- [7] Laube, P. ; van Kreveld, M. ; Imfeld, S.: *Finding REMO — Detecting Relative Motion Patterns in Geospatial Lifelines*. In: Developments in Spatial Data Handling (2005), Nr. 5, S. 201–215.
– Online verfügbar unter: <http://www.springerlink.com/content/t4vg447844v5n595> Letzter Abruf: 12.06.2012
- [8] Weiskopf, D. ; Andrienko, G. ; Andrienko, N ; Bak, P.: *Visuelle Bewegungsanalyse in Video- und Geodaten*. In: Informatik-Spektrum, 33. Jg. 2010, Heft 6, S. 580–588.
– Online verfügbar unter: <http://www.springerlink.com/content/51611tp334701432> Letzter Abruf: 12.06.2012
- Nur Bilder:**
- [9] Open Agent Based Modeling Consortium: *Traffic Flows*. URL: <http://www.openabm.org/book/1928/63-traffic-flows> Letzter Abruf: 12.06.2012

Fragen?

Beschreibung von Bewegungsdaten

Number of MPOs	# Obj.	Relationship	Examples
Individual	$N = 1$	-	Trajectory of a person over a day
Group	$N > 1$	functional	Trajectories of a flock of sheep foraging on a meadow.
Cohort	$N > 1$	statistical	Eye movement trajectories of all female participants in an experiment

Anzahl der beteiligten Objekte [1]

▶ Arten von Pfaden

- Kontinuierlich
 - Fortbewegender Fußgänger, ...
- Diskontinuierlich (Schritte)
 - Biene von Blume zu Blume, Weg zwischen Blumen nicht von Interesse, ...

Beschreibung von Bewegungsdaten

- ▶ Einflussfaktoren auf die Bewegung
 - Objekt-spezifische Eigenschaften
 - Max. Geschwindigkeit, max. Beschleunigung, ...
 - Räumliche Einschränkungen
 - Hindernisse, Straßennetz, ...
 - Umgebung
 - Unterschiedlich stark anziehende und abstoßende Faktoren: Straßenbelag auf Auto, ...
 - Andere Agenten
 - Gruppenzusammenhalt, ...

Beschreibung von Bewegungsdaten

- ▶ Maßstab und Granularität
 - Räumlicher Maßstab
 - Lokal: Augenbewegungen, global: Flugverkehr
 - Zeitlicher Maßstab
 - Kurzzeit–Verhalten, Langzeit–Verhalten
 - Zeitliche Granularität
 - Abhängig von Bewegungseigenschaften des Objektes