

# Nichtlineare Modellierung in den Naturwissenschaften

Fußgängermodell zur Paniksimulation  
Ansatz von Professor Helbing

Florian Roelfes, Fabian Lied, Karolina Weber, Anna Linnemann

14.12.2010

Leitung: Tanja Mues

# Inhaltsverzeichnis

- 1 Motivation
- 2 Das Helbing-Modell
- 3 unser Lösungsansatz
- 4 Ergebnisse
- 5 Ausblick

# Loveparade 2010

- 21 Tote
- mehr als 500 Verletzte
- Hätte das verhindert werden können?



- Gibt es bereits gute Modelle zur Paniksimulation?
- Wie realitätsnah sind diese?
- Wo liegen die Grenzen und wo die Möglichkeiten der Simulationen?

# Allgemeines

- Evakuierungssimulation
- individuelles Raumdesign
- Inspiration durch Molekulardynamik
- Fußgänger sind stetig im Ort
- Bewegungsgeschwindigkeit und -richtung werden durch Kräfte beeinflusst
- Beschleunigung durch Differentialgleichung beschrieben

# Die Kräfte

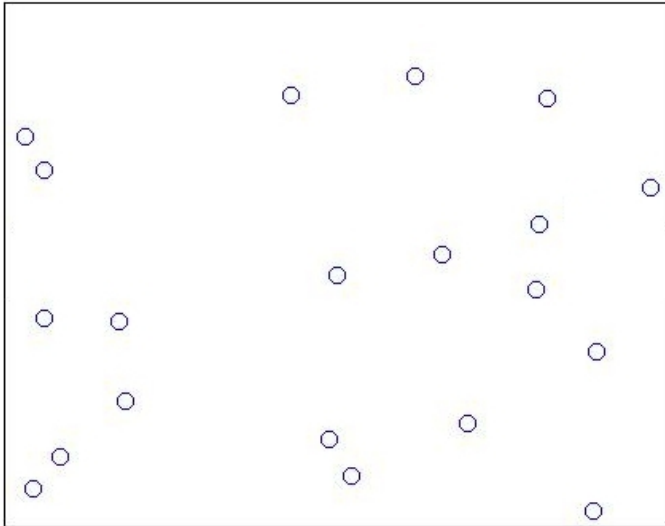
$$m_i \frac{dv_i}{dt} = m_i \frac{v_i^0(t) e_i^0(t) - v_i(t)}{\tau_i} + \sum_{j \neq i} f_{ij} + \sum_W f_{iW}$$

- $v_i^0$ : gewünschte Geschwindigkeit
- $e_i^0$ : gewünschte Richtung
- $\tau_i$ : Beschleunigungszeit
- $f_{ij}$ : interpedestriale Kräfte
- $f_{iW}$ : Kräfte zwischen Fußgängern und Wänden

# interpedestriale Kräfte

$$f_{ij} = \left\{ A_i \exp \left[ \frac{r_{ij} - d_{ij}}{B_i} \right] + kg(r_{ij} - d_{ij}) \right\} n_{ij} + \kappa g(r_{ij} - d_{ij}) \Delta v_{ji}^t t_{ij}$$

- $A_i$ ,  $B_i$ ,  $k$  und  $\kappa$  sind Konstanten
- $r_{ij}$ : Summe der Radien der Personen  $i$  und  $j$
- $d_{ij}$ : Abstand der Mittelpunkte der Personen  $i$  und  $j$
- $g$ : Bedingungsfunktion
- $n_{ij}$ : normierter Vektor, der von Person  $i$  auf Person  $j$  zeigt
- $t_{ij} = (-n_{ij}^2, n_{ij}^1)$ : tangentielle Richtung zw. Personen  $i$  und  $j$
- $\Delta v_{ji}^t = (v_j - v_i) t_{ij}$ : tangentielle Geschwindigkeitsdifferenz





# Kräfte zwischen Fußgängern und Wänden

$$f_{iW} = \left\{ A_i \exp \left[ \frac{r_i - d_{iW}}{B_i} \right] + kg(r_i - d_{iW}) \right\} n_{iW} - \kappa g(r_i - d_{iW})(v_i \cdot t_{iW}) t_{iW}$$

- $r_i$ : Radius der Person  $i$
- $d_{iW}$ : Abstand von Person  $i$  zur Wand  $W$
- $n_{iW}$ : Normalenvektor der Wand  $W$
- $v_i$ : Geschwindigkeit der Person  $i$
- $t_{iW}$ : Tangentialvektor

# unser Lösungsansatz

- Programmierung mit Matlab
- Differentialgleichung durch Differenzenquotienten gelöst:  
$$\frac{v_i^{\text{neu}} - v_i^{\text{alt}}}{dt} \quad (dt = 0.01)$$
- Geschwindigkeit, Ort etc. jeweils in zwei Vektoren dargestellt
- ein Vektor enthält jeweils die Eigenschaft aller Personen in einer Dimension

# Simulation

(Simulation)

## Zwischenfazit

- Fußgänger verbleiben in der Tür
- zufällige Platzierung der Fußgänger erzeugt Fehler
- Simulation bietet viel Potential für weitere Untersuchungen
- Variation der Fußgängerzahl und Geschwindigkeit leicht möglich
- Stetigkeit gewährleistet Anschaulichkeit
- Kräfte geben Aufschluss über den Gefährdungsgrad der Panik

# Ausblick

- Ausmerzen der letzten Fehler
- Prüfung auf Realitätsnähe
- Herding-Effekt
- Variation des Raumes
- Vergleich mit dem Kirchner-Modell  
→ wird im Anschluss vorgestellt

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**