

# Fußgängermodell nach Dirk Helbing, Illés Farkas und Tamás Vicsek

Jonas Berndt   Merle Erpenbeck   Maren Urner

Praktikum „Nichtlineare Modellierung in den Naturwissenschaften“  
Betreuung: Tanja Mues

11. Juli 2011

- ▶ Simulation von Fußgänerbewegungen in einem Raum
- ▶ Geschwindigkeit und Richtung modelliert durch Differentialgleichung:

$$m_i \frac{d\mathbf{v}_i}{dt} = m_i \frac{v_i^0(t) \mathbf{e}_i^0(t) - \mathbf{v}_i(t)}{\tau_i} + \sum \mathbf{f}_{ij} + \sum \mathbf{f}_{iW}$$

- ▶  $v_i^0$ : angestrebte Geschwindigkeit
- ▶  $\mathbf{e}_i^0$ : angestrebte Richtung
- ▶  $\tau_i$ : Beschleunigungszeit
- ▶  $\mathbf{f}_{ij}$ : Kräfte zwischen den Fußgängern
- ▶  $\mathbf{f}_{iW}$ : Kräfte zwischen Fußgängern und Wänden

# Stand nach der Zwischenpräsentation

- ▶ Stabilität verbessern
- ▶ Hindernisse einbauen
- ▶ Benchmark durchführen
- ▶ Verhalten nahe der Tür realistischer gestalten
- ▶ Stürze modellieren

Helbing

Jonas Berndt,  
Merle Erpenbeck,  
Maren Urner

Einführung

Verbesserungen

Fazit

- ▶ Problem wurde nicht gelöst
- ▶ geplanter Benchmark konnte bei hohen Geschwindigkeiten nicht durchgeführt werden
- ▶ Kombination einer Wahl von zu großen Zeitschritten, Fußgängerdichten und angestrebten Geschwindigkeiten  $\Rightarrow$  Instabilität
- ▶ Wahl eines sehr kleinen Zeitschritts ( $\Delta t = 0.0005$  Sek)
  - $\Rightarrow$  hohe Rechenzeiten
  - $\Rightarrow$  weniger Fußgänger in einem kleineren Raum
- ▶ trotzdem: Entstehung von zu hohen Kräften
  - $\rightarrow$  fester Mindestabstand der Fußgänger zu Beginn
  - $\rightarrow$  weitere Verbesserung könnte Einbau eines Verletzungskriteriums sein

# Hindernisse

- ▶ Hindernisse als runde Säulen aufgefasst
- ▶ Kraft analog zur Wandkraft modelliert

$$\mathbf{f}_{iH} = \left\{ A_i \exp \left[ \frac{(r_{iH} - d_{iH})}{B_i} \right] + kg(r_{iH} - d_{iH}) \right\} \mathbf{n}_{iH} \\ - \kappa g(r_{iH} - d_{iH})(v_i \cdot \mathbf{t}_{iH}) \mathbf{t}_{iH}$$

- ▶  $A_i, B_i, k, \kappa$ : Konstanten
- ▶  $r_{iH}$ : Schulterbreite der Personen + Radius des Hindernisses
- ▶  $d_{iH}$ : Abstand zwischen Person und Hindernis
- ▶  $n_{iH}$ : Normalenvektor zwischen Person und Hindernis
- ▶  $t_{iH}$ : Tangentialvektor zwischen Person und Hindernis
- ▶  $v_{iH}$ : Geschwindigkeit der Person

# Türkräfte

- ▶ Änderung der angestrebten Richtung nahe der Tür
- ▶ Türkanten als Hindernisse ohne Radius interpretiert
- ▶ Türkräfte nach realistischem Verhalten angepasst
- ▶ Zeitdifferenz zu Helbing von  $\sim 10$  Sekunden bei  $1.0m/s$

# Die Differentialgleichung

$$m_i \frac{d\mathbf{v}_i}{dt} = m_i \frac{\mathbf{v}_i^0(t) \mathbf{e}_i^0(t) - \mathbf{v}_i(t)}{\tau_i} + \sum \mathbf{f}_{ij} + \sum \mathbf{f}_{iW} + \sum \mathbf{f}_{iH} + \sum \mathbf{f}_{iT}$$

- ▶  $\mathbf{v}_i^0$ : angestrebte Geschwindigkeit
- ▶  $\mathbf{e}_i^0$ : angestrebte Richtung
- ▶  $\tau_i$ : Beschleunigungszeit
- ▶  $\mathbf{f}_{ij}$ : Kräfte zwischen den Fußgängern
- ▶  $\mathbf{f}_{iW}$ : Kräfte zwischen Fußgängern und Wänden
- ▶  $\mathbf{f}_{iH}$ : Kräfte zwischen Fußgängern und Hindernissen
- ▶  $\mathbf{f}_{iT}$ : Kräfte zwischen Fußgängern und Türrahmen

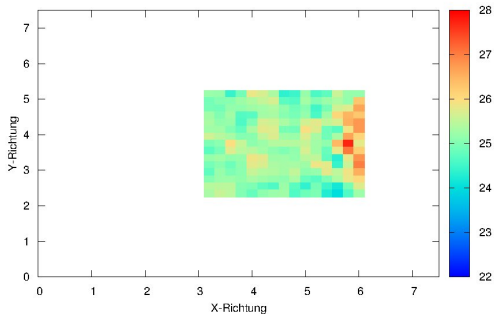


Abbildung: Evakuierungszeit bei einer Geschwindigkeit von  $1.5m/s$



- ▶ unser Programm liefert bei den überprüften Geschwindigkeiten ähnliche Ergebnisse wie Helbings
- ▶ Helbings Beobachtung, dass die Evakuierungszeit bei hohen Geschwindigkeiten wieder zunimmt, konnten wir nicht nachweisen
- ▶ “ Clogging” konnte beobachtet werden
- ▶ Der gewählte Ansatz ist sehr rechenintensiv
- ▶ asymmetrisch platzierte Hindernisse führen zu geringeren Evakuierungszeiten
- ▶ Es ist prinzipiell schwierig, Fußgängerbewegungen realistisch zu modellieren, aufgrund der komplexen psychologischen Wechselwirkungen