

# Fußgängermodell nach Dirk Helbing, Illés Farkas und Tamás Vicsek

Jonas Berndt   Merle Erpenbeck   Maren Urner

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

21. Juni 2011

Motivation

Einführung

Modell

Umsetzung

Ergebnisse

Ausblick

# Massenpaniken

## Loveparade in Duisburg 2010



Helbing

Jonas Berndt,  
Merle Erpenbeck,  
Maren Urner

Motivation

Einführung

Modell

Umsetzung

Ergebnisse

Ausblick

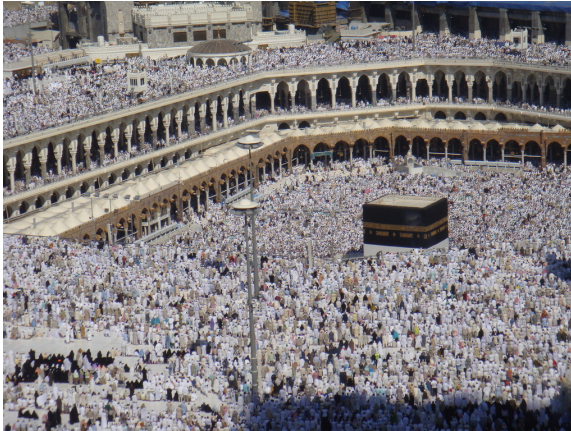
<http://www.ad-hoc-news.de/19-tote-bei-loveparade-suche-nach-schuldigen->  
[/de/Fotostrecke/21500718/0](http://de/Fotostrecke/21500718/0)

# Massenpaniken

Helbing

Jonas Berndt,  
Merle Erpenbeck,  
Maren Urner

## Haddsch in Mina bei Mekka, Januar 2006



Motivation

Einführung

Modell

Umsetzung

Ergebnisse

Ausblick

# Motivation

## Wasserfest in Kambodscha, November 2010



[http://nachrichten.t-online.de/kambodscha-schwankende-haengebruecke-loeste-massenpanik-aus/id\\_43535012/index](http://nachrichten.t-online.de/kambodscha-schwankende-haengebruecke-loeste-massenpanik-aus/id_43535012/index)

Helbing

Jonas Berndt,  
Merle Erpenbeck,  
Maren Urner

Motivation

Einführung

Modell

Umsetzung

Ergebnisse

Ausblick

# Motivation

Helbing

Jonas Berndt,  
Merle Erpenbeck,  
Maren Urner

## Wasserfest in Kambodscha, November 2010



[http://nachrichten.t-online.de/kambodscha-schwankende-haengebruecke-loeste-massenpanik-aus/id\\_43535012/index](http://nachrichten.t-online.de/kambodscha-schwankende-haengebruecke-loeste-massenpanik-aus/id_43535012/index)

## Wie kann so etwas vermieden werden?

Motivation

Einführung

Modell

Umsetzung

Ergebnisse

Ausblick

Dirk Helbing, Illés Farkas, Tamás Vicsek:

Simulating dynamical features of escape panic.

Nature 407, 487-490 (2000)

Motivation

Einführung

Modell

Umsetzung

Ergebnisse

Ausblick

# Charakteristische Eigenschaften einer panischen Flucht (Helbing)

- ▶ deutlich schnellere Bewegung der Personen als gewöhnlich
- ▶ körperliche Interaktion (z.B. Drängeln) innerhalb der Personenmenge
- ▶ unkoordinierte Bewegung, insbesondere beim Durchqueren von Engpässen
- ▶ Blockierung von Ausgängen
- ▶ Staubildung

Motivation

Einführung

Modell

Umsetzung

Ergebnisse

Ausblick

# Charakteristische Eigenschaften einer panischen Flucht (Helbing)

- ▶ gefährlich hohe Kräfte von bis zu 4450 N/m durch körperliche Interaktion innerhalb der aufgestauten Personenmenge, die Stahl verbiegen und und Wände eindrücken können
- ▶ Verringerung der Fluchtgeschwindigkeit durch gestürzte oder verletzte Personen
- ▶ Tendenz zu Massenverhalten
- ▶ Übersehen oder ineffiziente Nutzung alternativer Ausgänge

Motivation

Einführung

Modell

Umsetzung

Ergebnisse

Ausblick



# In Helbings Modell

- ▶ werden Modelle von (selbstorganisierten) Vielteilchensystemen aus der Physik benutzt
- ▶ sollen Mechanismen von und Voraussetzungen für Panik und Blockaden in Menschenmengen untersucht werden
- ▶ wird Einfluss von sozio-psychologischen und physikalischen Kräften auf das Fluchtverhalten einer Menschenmenge angenommen

# Kritik von Kirchner

- ▶ hoher Rechenaufwand, besonders in komplexen Räumen und bei großen Menschenmengen ( $\mathcal{O}(N^2)$ )

Helbing

Jonas Berndt,  
Merle Erpenbeck,  
Maren Urner

Motivation

Einführung

Modell

Umsetzung

Ergebnisse

Ausblick

# Das Fußgängermodell nach Helbing

Helbing

Jonas Berndt,  
Merle Erpenbeck,  
Maren Urner

- ▶ Modell inspiriert durch Molekulardynamik
- ▶ Berechnung von Geschwindigkeit und Richtung durch Kräfte berechnet  
→ Differenzialgleichungen
- ▶ Ort der Fußgänger kontinuierlich

Motivation

Einführung

Modell

Umsetzung

Ergebnisse

Ausblick

# Die Differentialgleichungen

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

- ▶  $v_i^0$ : 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

# Die Kräfte zwischen den Fußgängern

$$\mathbf{f}_{ij} = \left\{ A_i \exp \left[ \frac{(r_{ij} - d_{ij})}{B_i} \right] + kg(r_{ij} - d_{ij}) \right\} \mathbf{n}_{ij} \\ + kg(r_{ij} - d_{ij}) \Delta v_{ji}^t \mathbf{t}_{ij}$$

- ▶  $A_i, B_i, k, \kappa$ : Konstanten
- ▶  $r_{ij}$ : Summe der Radien der Personen  $i$  und  $j$
- ▶  $d_{ij}$ : Abstand der Mittelpunkte der Personen  $i$  und  $j$
- ▶  $g$ : Bedingungsfunktion
- ▶  $\mathbf{n}_{ij}$ : normierter Vektor von Person  $i$  zu Person  $j$
- ▶  $\mathbf{t}_{ij}$ : Tangentialvektor zwischen Person  $i$  und Person  $j$
- ▶  $\Delta v_{ji}^t$ : tangetiale Geschwindigkeitsdifferenz

Motivation

Einführung

Modell

Umsetzung

Ergebnisse

Ausblick

# Unsere Umsetzung

Helbing

Jonas Berndt,  
Merle Erpenbeck,  
Maren Urner

- ▶ Programmierung in C
- ▶ Lösung der Differentialgleichungen mit Velocity Verlet
- ▶ Entdimensionalisierung?
- ▶ Masse: 80 kg, Radius: 30 cm, Konstanten übernommen
- ▶ Zufällige Anfangsposition der Fußgänger
- ▶ Nachteil: Wegen Stabilität sehr kleinen Zeitschritt  
→ hohe Rechenzeit
- ▶ Film: gnuplot

Motivation

Einführung

Modell

Umsetzung

Ergebnisse

Ausblick

# Film

Helbing

Jonas Berndt,  
Merle Erpenbeck,  
Maren Urner

Motivation

Einführung

Modell

Umsetzung

**Ergebnisse**

Ausblick

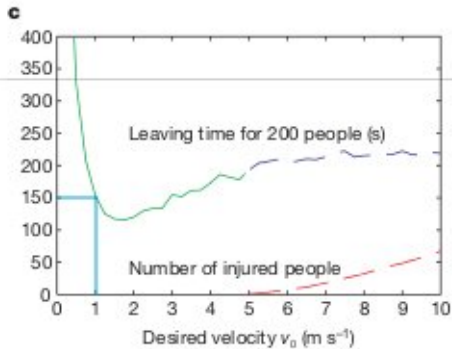


Abbildung: D. Helbing, I. Farkás, T. Vicsek, Nature 407 (2000) 487



# Ausblick

- ▶ Abstand zur Tür einbauen
- ▶ Benchmark durchführen
- ▶ Einbau von Hindernissen
- ▶ Einbau von Verletzten

Motivation

Einführung

Modell

Umsetzung

Ergebnisse

Ausblick