

6. Berliner Rettungsdienstsymposium  
21. 8. 2004

# Katastrophen- und Panikforschung

**Christian Kühnert**

Institut für Wirtschaft und Verkehr  
Fakultät Verkehrswirtschaft  
Technische Universität Dresden


[www.helbing.org](http://www.helbing.org)

D. Helbing, I. Farkas, and T. Vicsek, *Nature* **407**, 487 - 490 (2000)

D. Helbing, C. Kühnert, *Physica A* **328**, 584 - 606 (2003)

# 1. Modellierung von Fußgängerverhalten

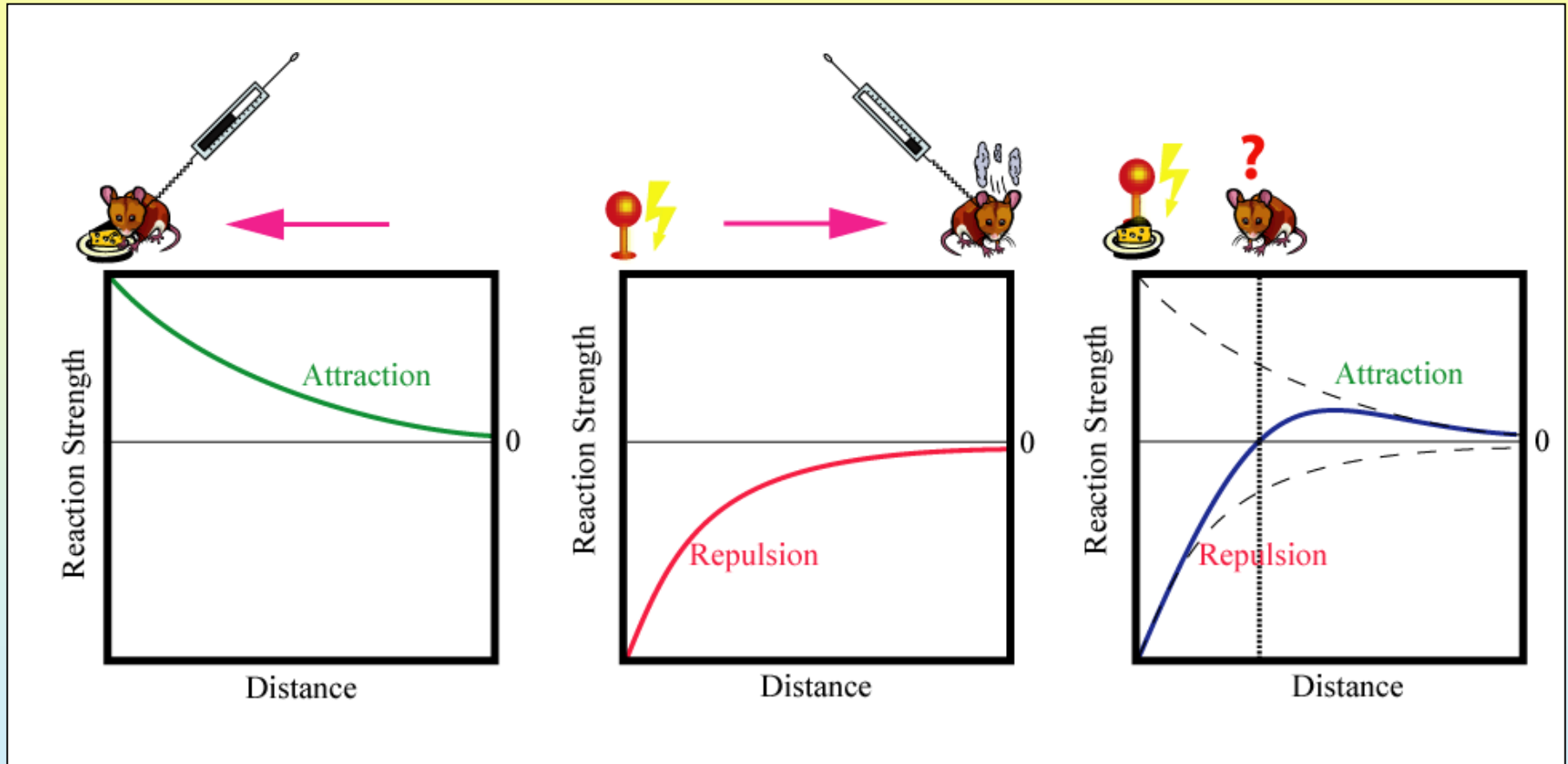
# Analogien zwischen Fußgängerbewegung und Flüssigkeiten

- Fußabdrücke im Schnee sehen Stromlinien ähnlich.
- Es gibt gasförmige (freie), flüssige (eingeschränkte) und feste (unbewegliche) Zustände.
- Das Durchqueren von stehenden Fußgängermengen führt zu flußähnlichen Strömungen.
- In gedrängten Fußgängermengen beobachtet man Schockwellen.
- Bei hohen Personendichten dominieren Ähnlichkeiten mit granularen Medien. 

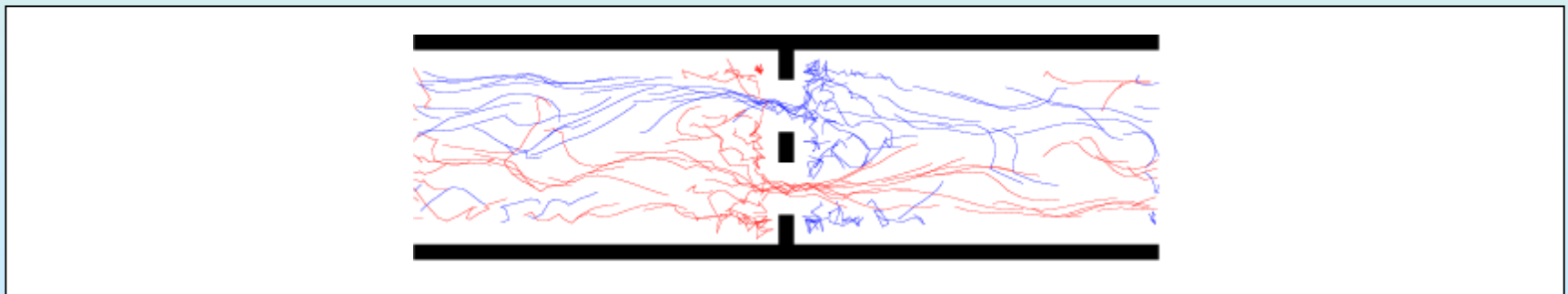
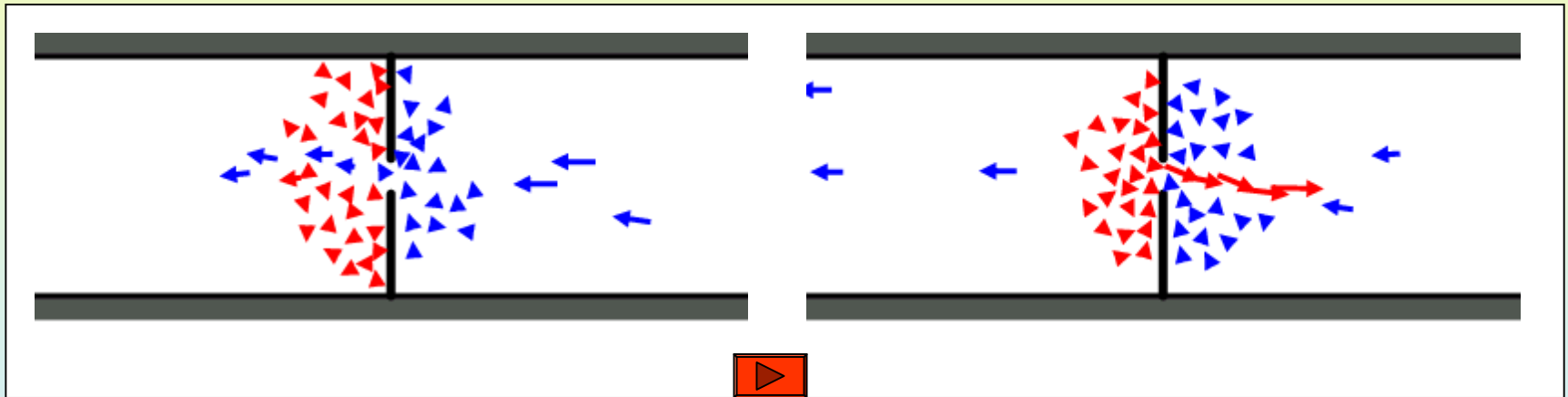
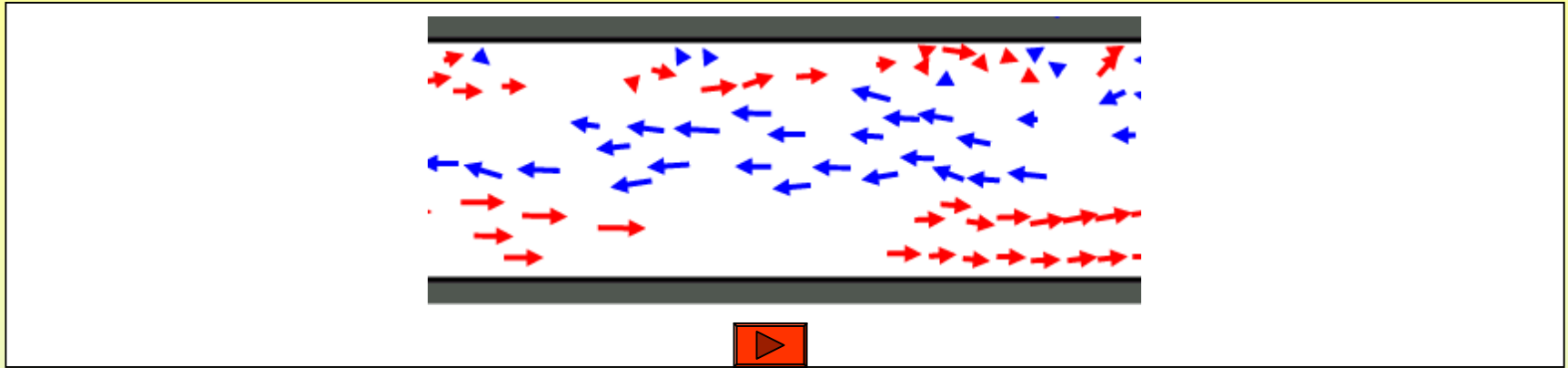
# Soziales-Kräfte-Konzept

- Fußgänger sind konfrontiert mit Standardsituationen.
- Sie reagieren auf diese weitgehend automatisch.
- Wir nehmen ein mehr oder weniger optimales Verhalten an um Zusammenstößen auszuweichen und Zeitverzögerungen zu vermeiden.
- Dadurch läßt sich das mittlere Verhalten mathematisch beschreiben.
- Zusätzlich werden noch Fluktuationen betrachtet.
- Die Beschleunigung wird durch Überlagerung verschiedener (Nicht-Newtonscher) Kräfte hervorgerufen, welche unterschiedliche Motivationen und Einflüsse widerspiegeln.

# Experimente zur Überlagerung von Kräften in Konfliktsituationen

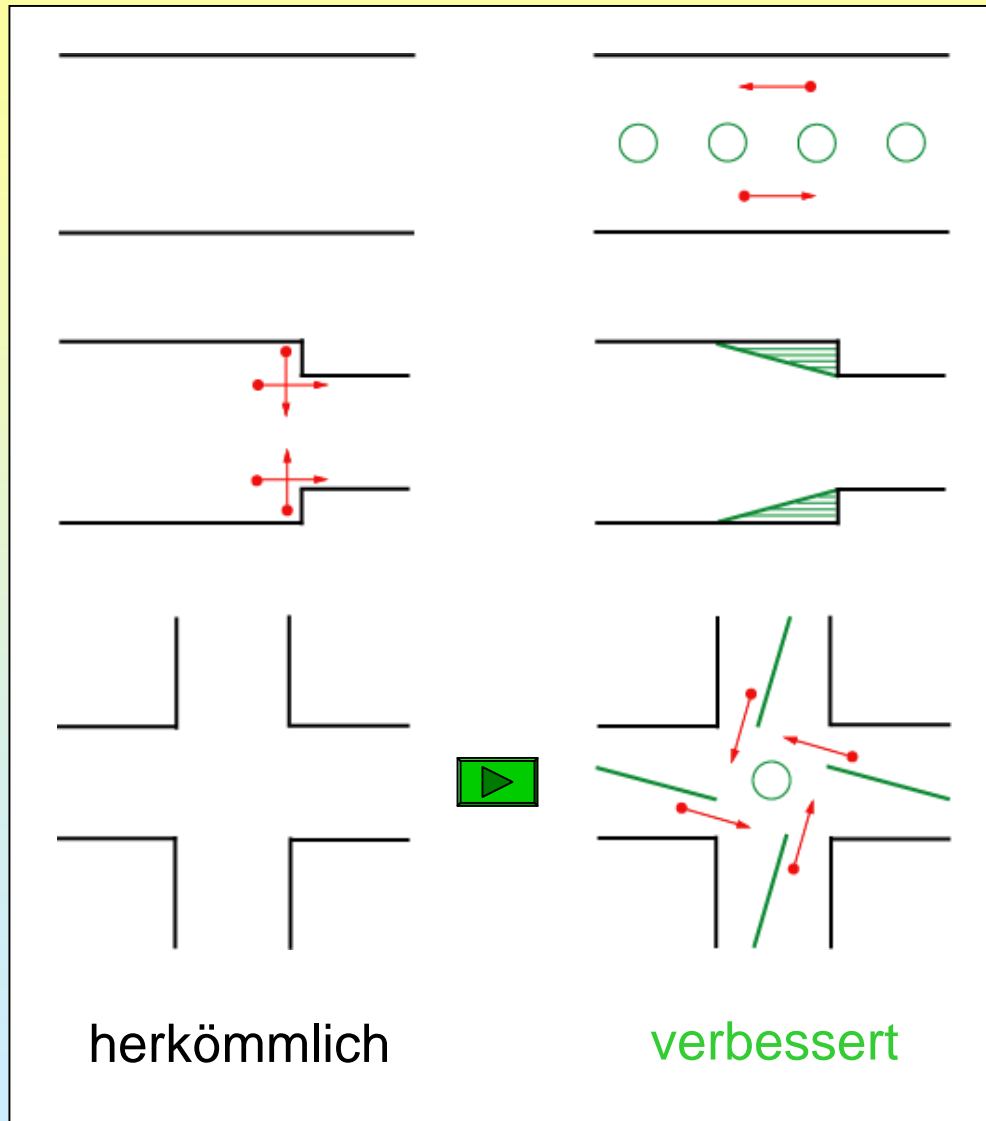


# Selbstorganisation von Fußgängern

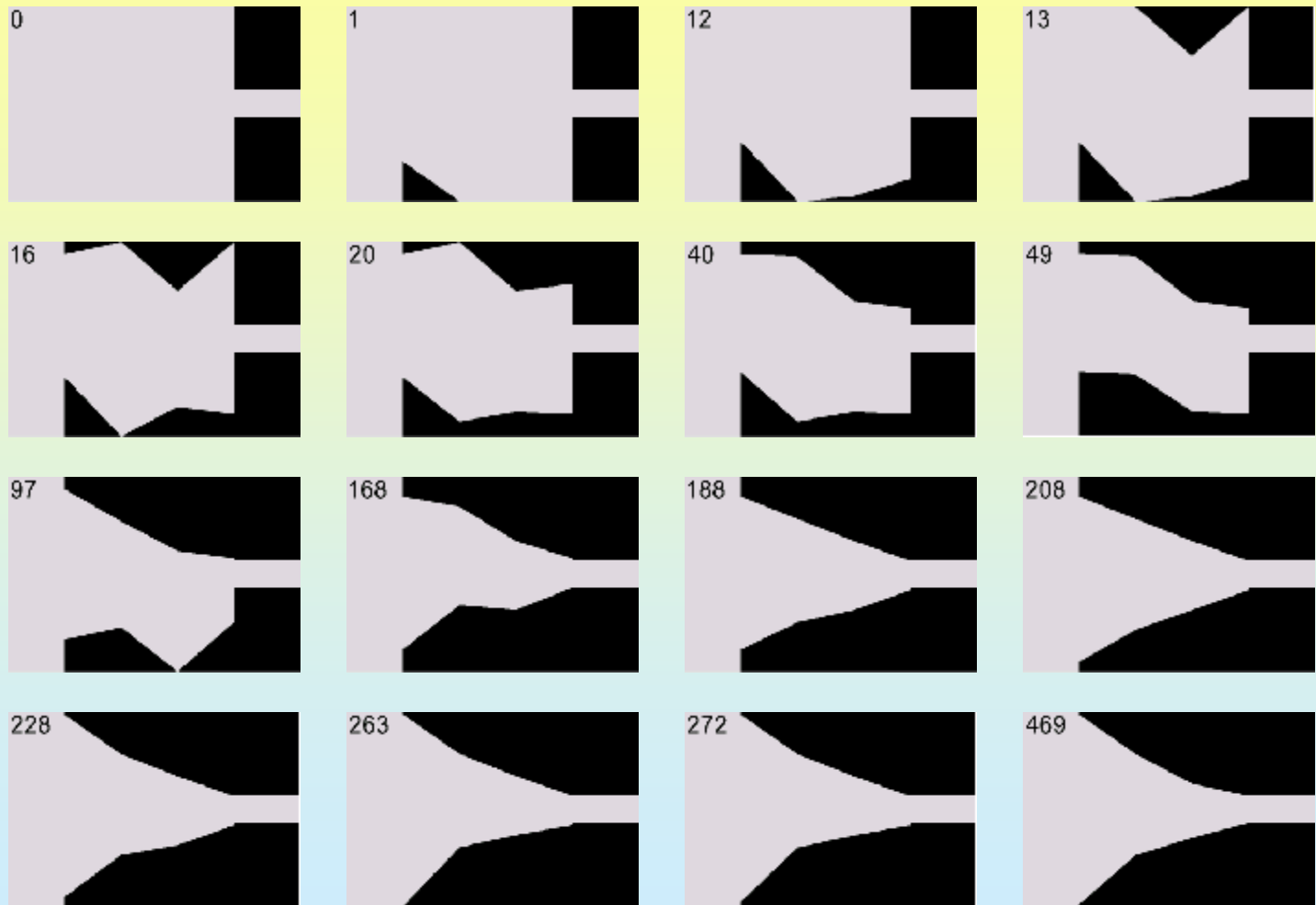


## 2. Anwendung zur Fußgänger- lenkung im Normal- und Panikfall

# Optimierung von Fußgängerereinrichtungen

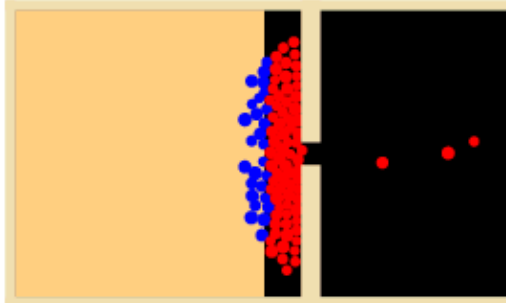


# Evolutionäre Optimierung einer Verengung

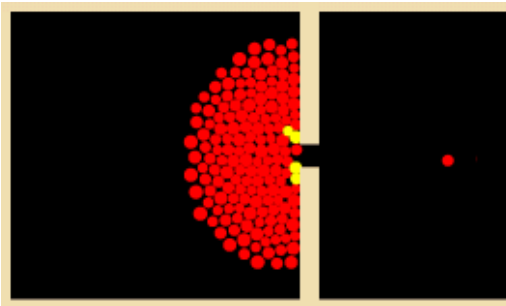
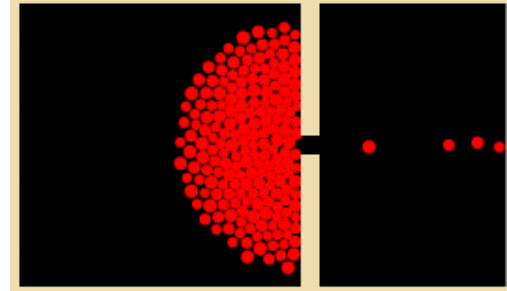


# Panikverhalten

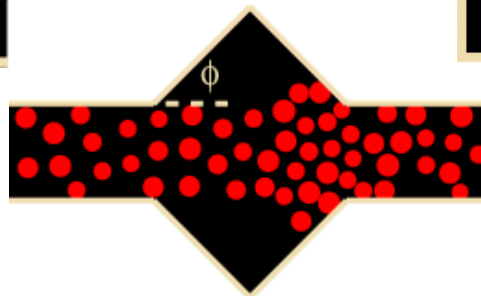
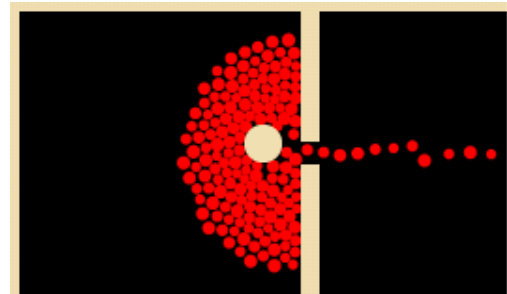
Physikalische Wechselwirkungen und Reibungseffekte aufgrund unkontrollierten Panikverhaltens



Schneller-ist-Langsamereffekt



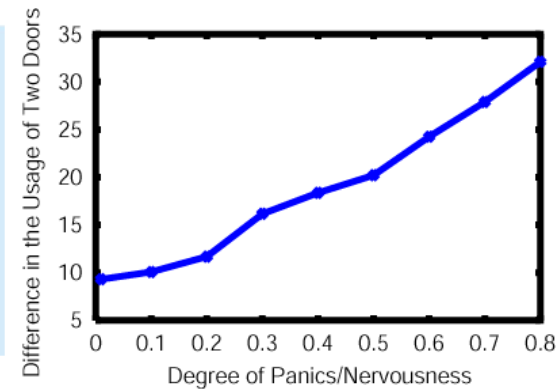
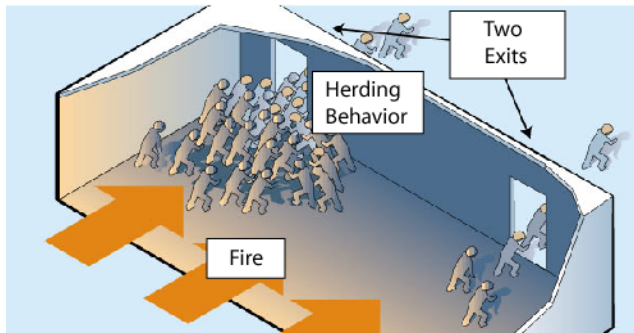
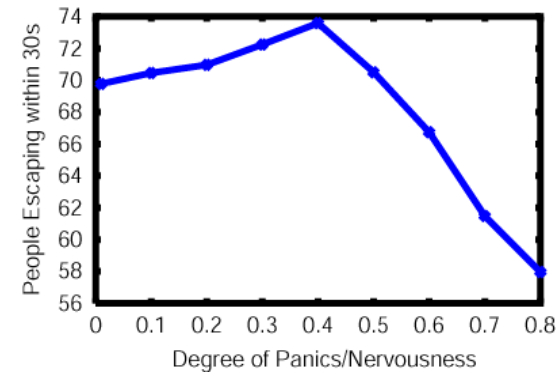
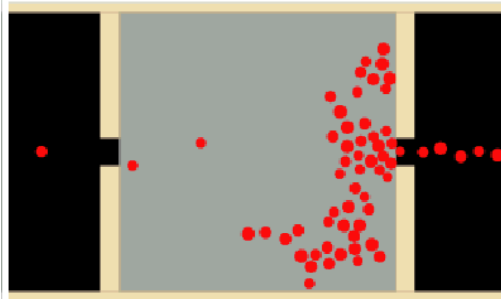
Phantompanik



Anwendung auf die Simulation von Evakuierungsszenarien

# Optimale Fluchtstrategie

Mix aus Individual- und Herdenverhalten:



Ineffiziente Nutzung der Türen infolge Herdeffekts

D. H., I. Farkas, and T. Viscek, *Nature* **407**, 487 (2000).

# 3. Dynamik von Katastrophen

# Eigenschaften von Katastrophen

Verschiedene Arten, aber viele  
Gemeinsamkeiten:



- Beginnen meist in einem begrenzten Gebiet
- Erzeugen starke Abweichung vom Normalzustand des Systems
- Breiten sich in angrenzende Gebiete aus, z.B. durch Störung von Lieferbeziehungen
- Infolge der starken Störung und begrenzter Ressourcen zur Katastrophenbekämpfung werden auch andere Sektoren des Systems beeinflusst



Domino - Effekt

# Katastrophendynamik

Domino-Effekte existieren

- auf kurzen Zeitskalen (Sekunden), z.B. Eschede 1998 
- auf mittleren Zeitskalen (Stunden, Tage), z.B. Weißeritz- und Elb - Hochwasser 2002 
- auf langen Zeitskalen (Monate, Jahre), z.B. AIDS

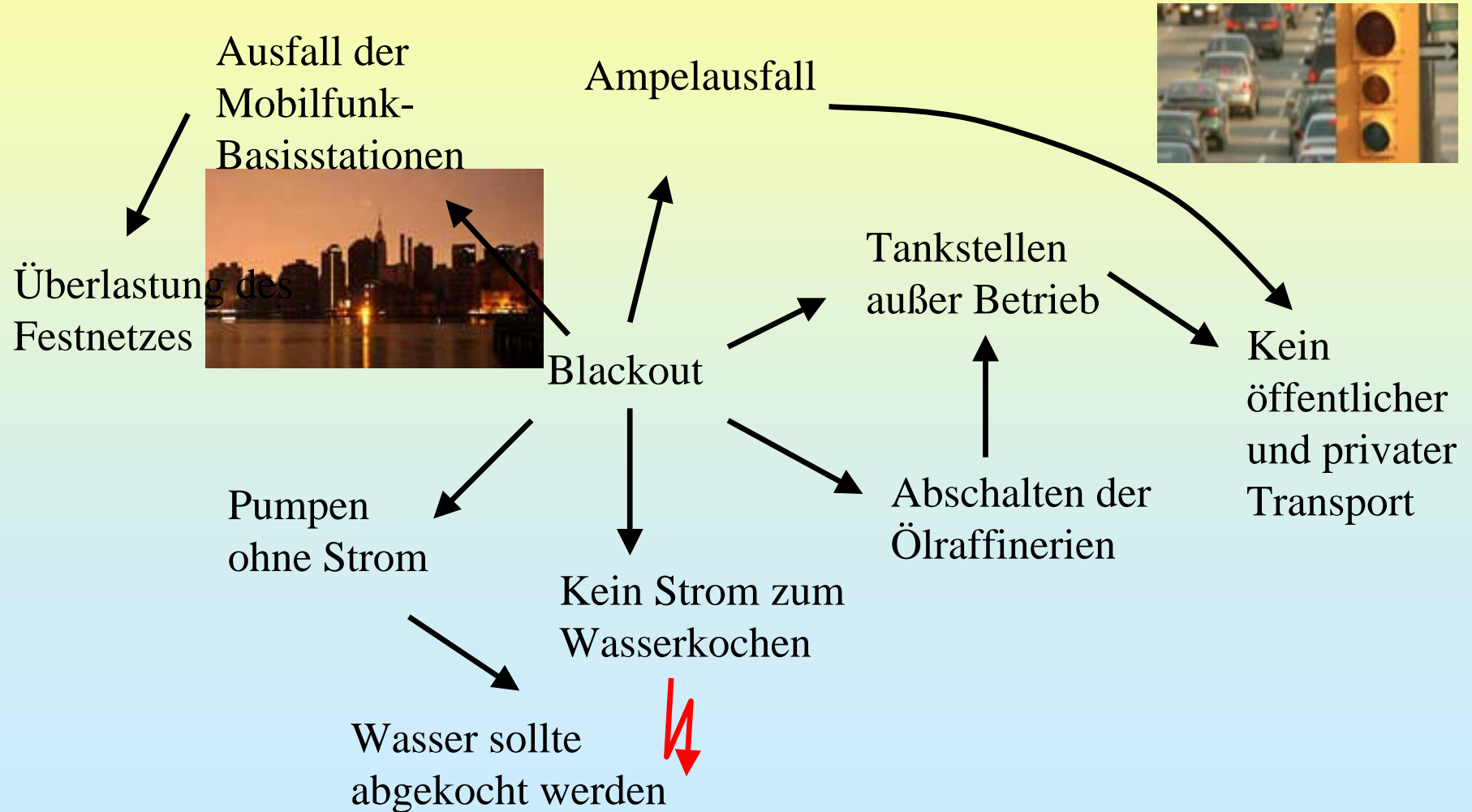
Prinzip: Eine kritische Situation verstärkt die andere und verschlimmert so die Katastrophe.



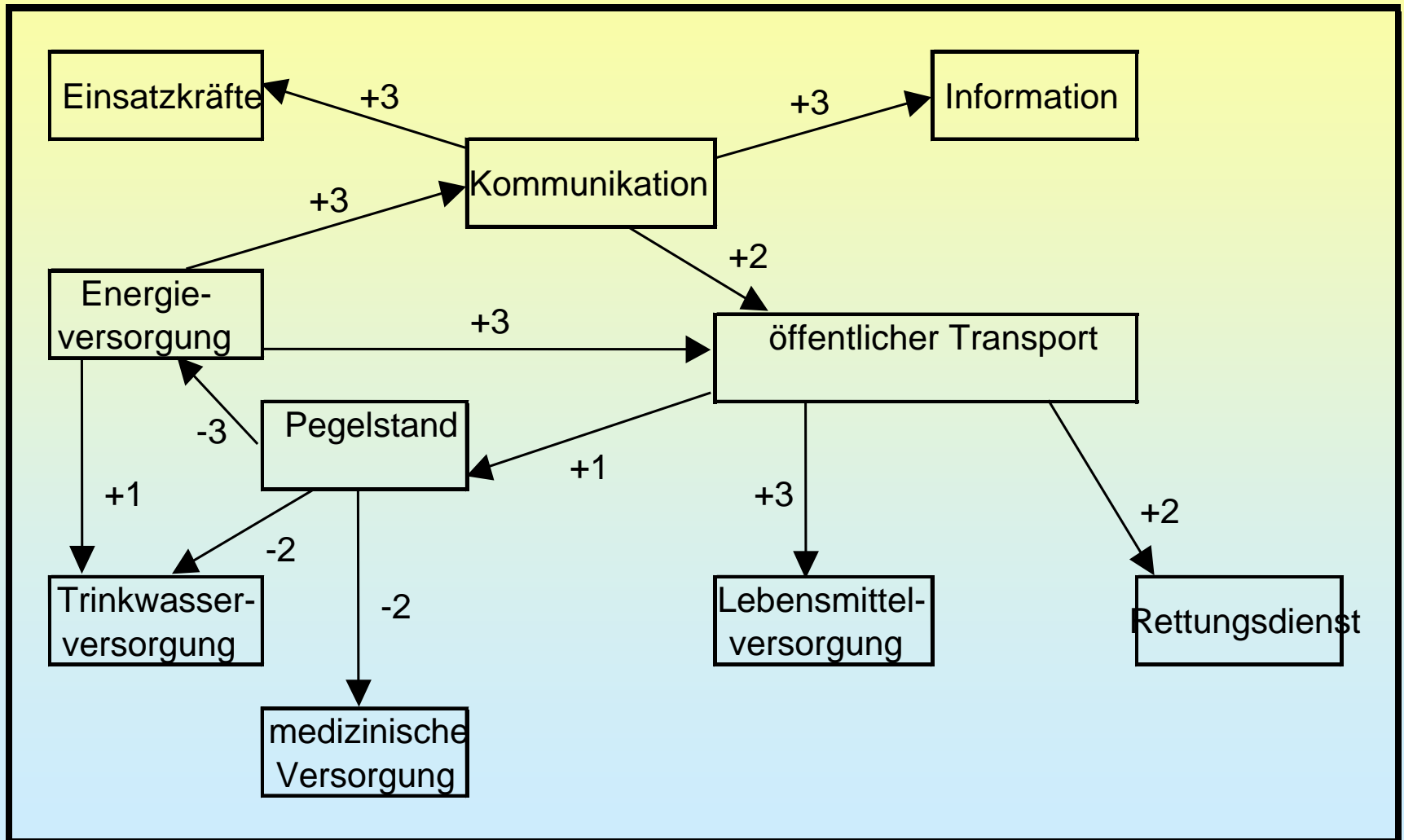
**Ziel:** Identifizierung, Vorhersage und Unterbrechung von Domino - Effekten

# Identifizierung des Kausalnetzwerkes

Bsp: Blackout USA 2003



# Semiquantitatives Kausalnetzwerk (Bsp. Elbhochwasser)



# Zeitliche Entwicklung

Für einen optimalen Einsatz von Kräften und Material benötigt man Informationen über die Katastrophendynamik:

- Ausbreitungsraten der Katastrophe sowohl räumlich als auch sektoriell (Bestimmung z.B. aus vergangenen Katastrophen)
- aktuell vorhandene Einsatzkräfte und –materialien (Schätzung mit Hilfe geeigneter Modelle)

# Anknüpfungspunkte zur Theorie der Supply Networks (Liefernetzwerke)

Es reicht nicht, den Einsatz der Kräfte, des Materials usw. separat zu optimieren:

- erfolgreiche Katastrophenbekämpfungsmaßnahmen erfordern spezielle Ausrüstung, Manpower, Information, ...zur selben Zeit. Deshalb bestimmt die knappste Ressource über den Erfolg der koordinierten Anstrengung
- Die Zeit bis zum Beginn der Bekämpfungsmaßnahme ist bestimmt durch die langsamste Teil.

Mit Hilfe der Theorie der supply networks läßt sich eine quantitative Beschreibung versuchen.

# Entscheidungshilfe für Krisenmanagement

Pegelstand



Geographische Modelle

Überschwemmte Gebiete, blockierte Straßen, Brücken ...



VISUM, VISEVA



Verkehrsbelastung,  
Evakuierungsszenarien

Empfehlungen für med. Hilfe,  
Einsatzkräfte usw.

# Vorhersage

*“Prognosen sind schwierig, besonders wenn sie die Zukunft betreffen.” [Mark Twain]*

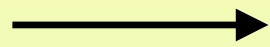
... dies gilt besonders für Katastrophen:

- unterbrochene Informationskanäle
- keine Möglichkeit, Nachrichten zu verifizieren
- nicht genügend Zeit zur Datenauswertung
- kurze Entscheidungszeiten

**→ Ziel: robuste Informationsnetzwerke  
und Entscheidungshilfesysteme**

# Zusammenfassung

- Soziales-Kräfte-Modell zur Modellierung von Panik- und Evakuierungsverhalten



Entwicklung geeigneter Fußgängerleiteinrichtungen im Normal- und Katastrophenfall

- robuste ausfallsichere Kommunikationsnetzwerke spielen große Rolle für eine effektive Katastrophenbekämpfung
- Katastrophenausbreitung durch Kausalnetzwerk und Dominoeffekte bestimmt
- Personen-, Material- und Informationsflüsse während Katastrophen haben große Analogien mit supply networks

Danke für Ihre  
Aufmerksamkeit.

Fragen?

# Katastrophendynamik

