

Mobilität trotz Stau

REINHARD MAHNKE

Universität Rostock, Institut für Physik





Inhalt

1. Einleitung:
Autoverkehr gestern und heute
2. Die Erforschung des Auto–Chaos:
Der Zufall und das Domino–Prinzip — Der Verkehrszusammenbruch
Die Ordnung in unser automobilen Welt
3. Der Stau aus dem Nichts:
Das Fahrverhalten auf Autobahnen — Die Auto-Vielteilchen-Physik
Der Stadtverkehr online
4. Ausblick:
Mobilität im 21. Jahrhundert.



Physik der Materie — Physik des Straßenverkehrs

Es gibt nur eine Physik, aber die Physik muss zur Fragestellung passen.

1. Makro-Materie: Newtonsche Axiome:

Symmetrie der Wechselwirkung → harmonischer Oszillator → Pendelkette

2. Mikro-Materie: Quantenphysik:

Schrödingergleichung → Quantenzahlen inklusive Spin → Termschema

3. Makroskopische Auto-Materie: **Straßenverkehrsphysik:**

- **Starke Asymmetrie der Wechselwirkung** (Autos fahren vorwärts) → Nicht-Newton
- **Aktive Teilchen** (Autos haben einen Tank) → Energie-Bilanz im offenen System
- **Verkehrszusammenbruch** (empirische Beobachtung) → Stochastischer Prozess

⇒ Langevin-Gleichung — Master-Gleichung — Fokker-Planck-Gleichung

Einleitung

Um das Jahr 4000 v. Chr. wurde das **Rad** erfunden. Dies geschah unabhängig voneinander in mehreren Kulturen.

Diese Erfindung sollte in den folgenden 6 000 Jahren weitreichende Konsequenzen auf die Entwicklung der Menschheit haben.

Dies wird sich wohl auch in den nächsten 1 000 Jahren nicht ändern, wenn man bedenkt, dass sich die weltweite jährliche Automobilproduktion (Anzahl der produzierten Kraftfahrzeuge: PKW, LKW, Busse) **zwischen 1990 und 2005 um rund 32% von 49 Millionen auf 64 Millionen Fahrzeuge gesteigert hat.**

PKW-Bestand in Deutschland



Quelle: Wikipedia *Automobil/Tabellen und Grafiken*

Historie

Der Begriff: **Automobil** = Selbstfahrer

(griechisch *ἄυτο* - selbst und lateinisch *mobilis* - beweglich)

Die Entwicklung:



Benz von 1886 (links) / Mercedes Simplex von 1906 (r.) Quelle: Wikipedia *Automobil*



Autos und Staus

- **49 648 043 Autos** in Deutschland am 01.01.2004 zugelassen (2012: 51.7 Mio)
- Sommer 2006: **967 Staus** auf deutschen Autobahnen
Gesamtstaulänge: 13 853 km (Luftlinie Dt – Australien)
- Navigationsgeräte mit TMC (Traffic Message Channel)
- 2005 in Deutschland:
4 000 Datensensoren an Autobahnbrücken;
6 000 Induktionsschleifen in Fahrbahnen;
~ 10 000 Floating Cars im Einsatz (u. a. Taxi-Daten)
- Verkehrsprognose (Software Destinator 6 & TrafficSam, TMCpro, cityrouter.net, ...)

Empirische Verkehrsdaten



Video-Film: Schnappschüsse mit automatischer Fahrzeug-Erfassung

Der Stau aus dem Nichts

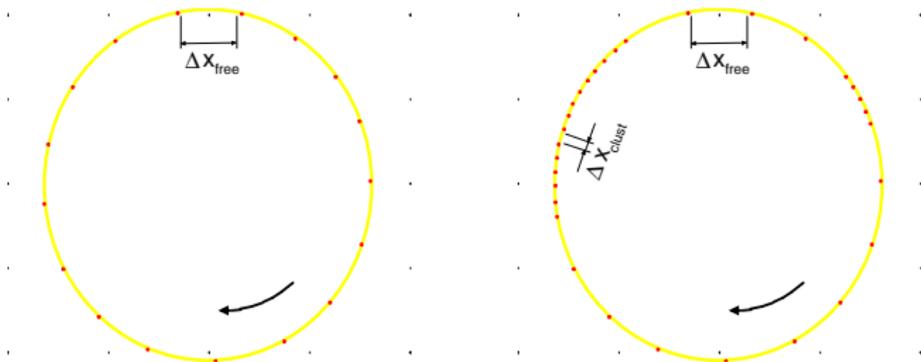


Das (einfachste) Modell (mit periodischen Randbedingungen):

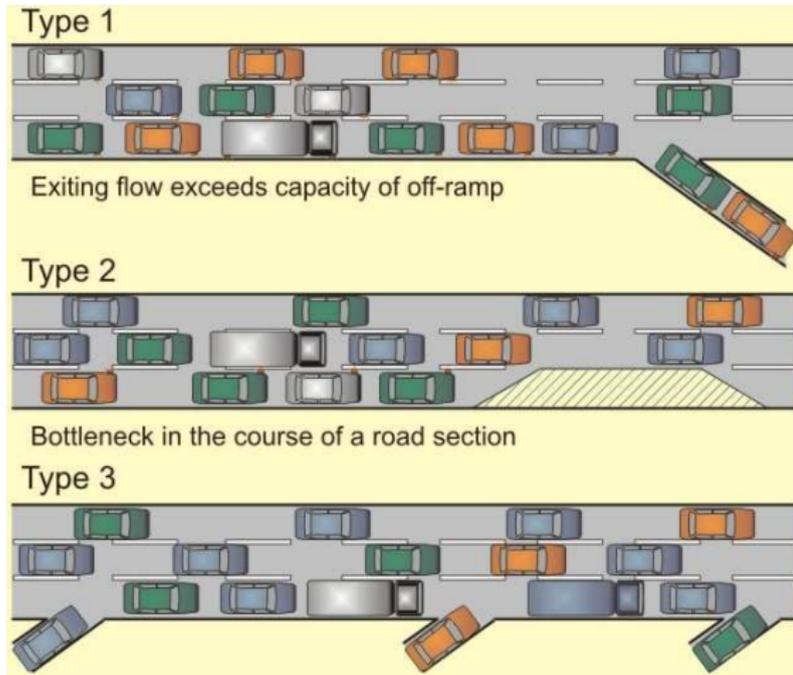
Kreisverkehr der Länge L mit N Autos

Experiment: `./Programme_Filme_Traffic//Filme/TokaiTV.mpg`

Simulation: `./Programme_Filme_Traffic/Autos_im_Kreis/start`



Autobahn mit Zu- und Abfahrten



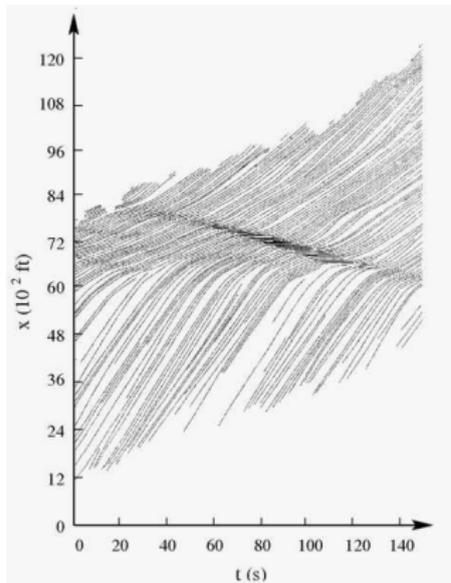
Martin Treiber & Arne Kesting (TU Dresden): Verkehrsdynamik und -simulation

Dynamic Traffic Simulation by Martin Treiber:

Microsimulation von Staus und Stop-and-Go
Wellen auf Fernstraßen

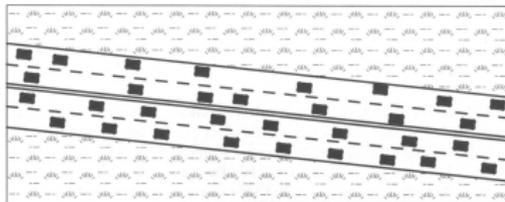
www.traffic-simulation.de

Das berühmte Treiterer-Bild



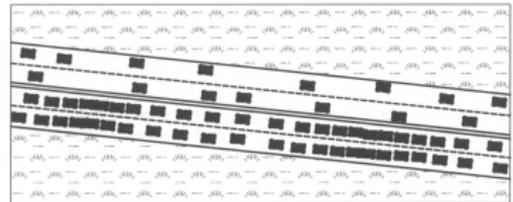
Auto-Trajektorien mittels Luftbildauswertung (1970)

Freier Verkehr



Freier Verkehr bei geringer Dichte

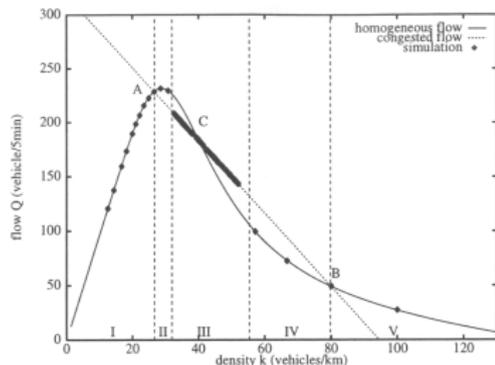
Verkehrszusammenbruch



Auto-Stau-Cluster bei hoher Dichte

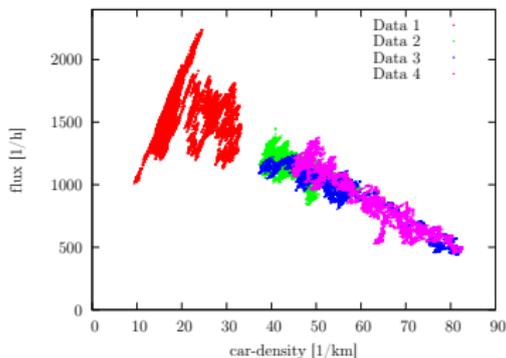
Quelle: Mobility and Traffic in the 21st Century

Fundamentaldiagramm Fluss–Dichte–Relation



Theorie + Simulation

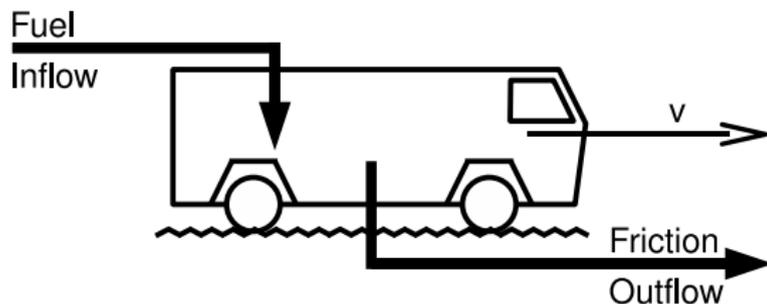
M. Bando et al., J. Phys. (France) 5, 1389 (1995)



Empirische Daten

Christof Liebe, Diplomarbeit, Univ. Rostock (2006)

Auto als offenes System: Energie-Fluss-Schema



Danke für Ihr Interesse

Publikationen und Vorträge, z. B.

- R. Kühne and R. Mahnke: Controlling Traffic Breakdowns, Proceedings of 16th International Symposium on Transportation and Traffic Theory (ISTTT 16), Elsevier, 2005, pp. 229–244

Promotionsarbeiten an der Univ. Rostock

- Ralf Remer: Theorie und Simulation von Zeitreihen mit Anwendungen auf die Aktienkursdynamik, Diss., 2005
- Julia Hinkel: Applications of Physics of Stochastic Processes to Vehicular Traffic Problems, Diss., 2007
- Christof Liebe: Zur Physik des Straßenverkehrs: Empirische Daten und dynamische Modelle, Diss., 2010