

Physik des Straßenverkehrs

Nach dem Skript von
Prof. A. Schadschneider, Uni. Köln

Empirische Daten

Meßmethoden:

- Festdetektoren oder Induktionsschleifen
- Infrarot-, Radar oder Ultraschallmessungen;
fest installierte Videokameras (zB an Brücken)
- Überkopfüberwachung (zB aus Helikopter)
- Floating-Car-Messungen
(Eigengeschwindigkeit, der Abstand und die
Differenzgeschwindigkeit zum Vordermann)

Zweischleifendetektoren Bei der Induktionsschleife handelt es sich um eine in den Fahrbelag eingelassene stromdurchflossene Leiterschleife, die von einem hochfrequenten Wechselstrom (40-100 kHz) durchflossen wird. Das hierdurch entstehende magnetische Wechselfeld erzeugt in den Metalteilen der passierenden Fahrzeuge Wirbelströme. Diese beeinflussen ihrerseits das Wechselfeld, so daß die Induktivität der Schleife sinkt. Der resultierende Anstieg der Schleifenfrequenz wird dann von einer Auswertungseinheit registriert.

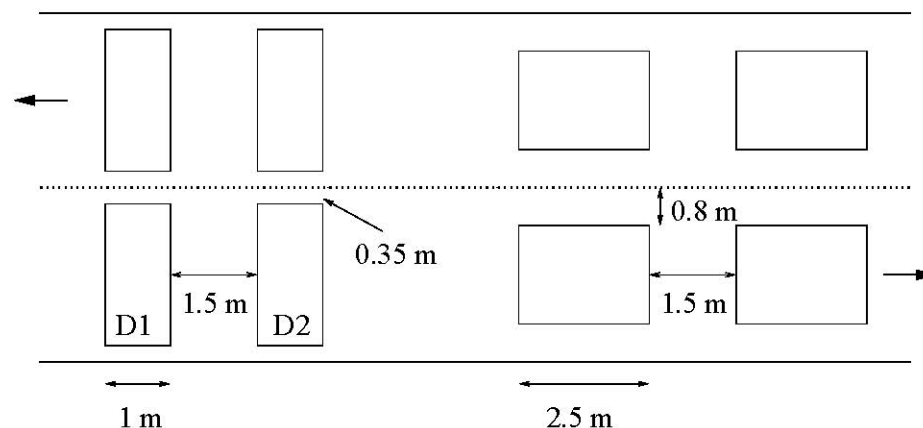


Abbildung I.2.1: Zweischleifendetektoren.

Meßgrößen

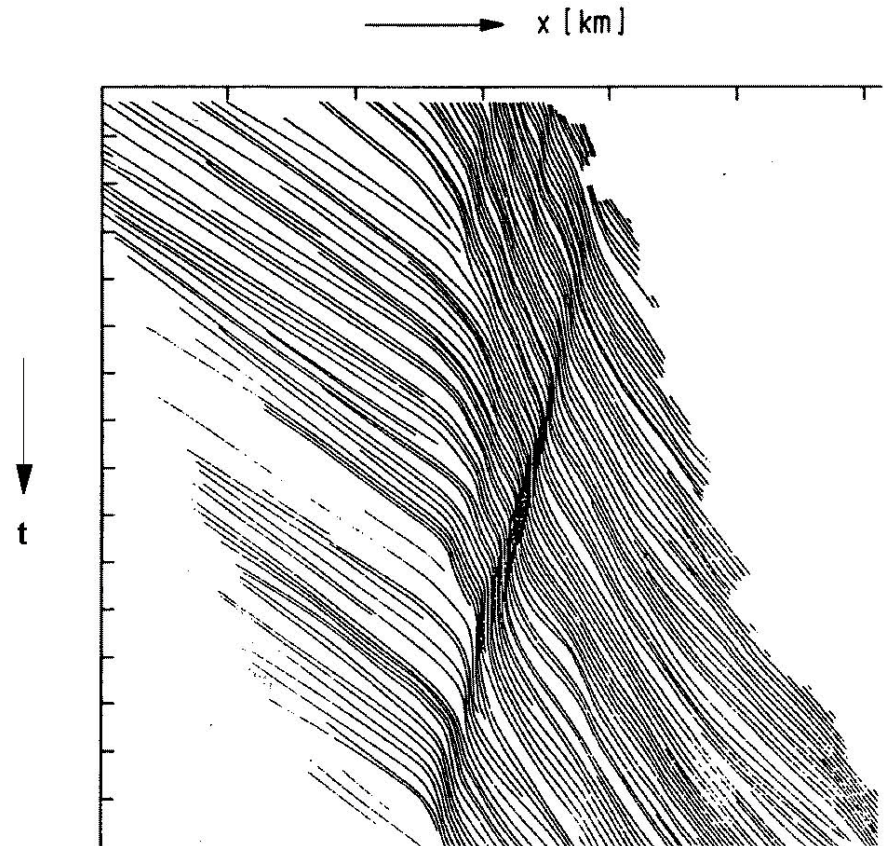
- Strom J ist definiert als die Zahl der Fahrzeuge, die pro Zeiteinheit den Detektor passieren
- Geschwindigkeit $v_n = \frac{d_D}{t_{D_2} - t_{D_1}}$
- elektrische Länge des Fahrzeugs
- zeitliche Abstand
- räumliche Abstand
- Dichte. Hier zwei Methoden: relative Dichte aus Zeitmessungen wird mit maximale Dichte (im Stau) multipliziert, oder man nutzt die Hydrodynamische Relation $J = \rho v$

Empirische Ergebnisse

- **Spontane Staubildung**, auch bekannt als *Stau aus dem Nichts* <http://iopscience.iop.org/1367-2630/10/3/033001/media/movie1.mpg>

Die Trajektorien zeigen die Bewegung einzelner Fahrzeuge auf einer Spur einer mehrspurigen Straße. Die spontane Staubildung ist deutlich zu erkennen, ebenso die Bewegung des Stau gegen die Fahrtrichtung

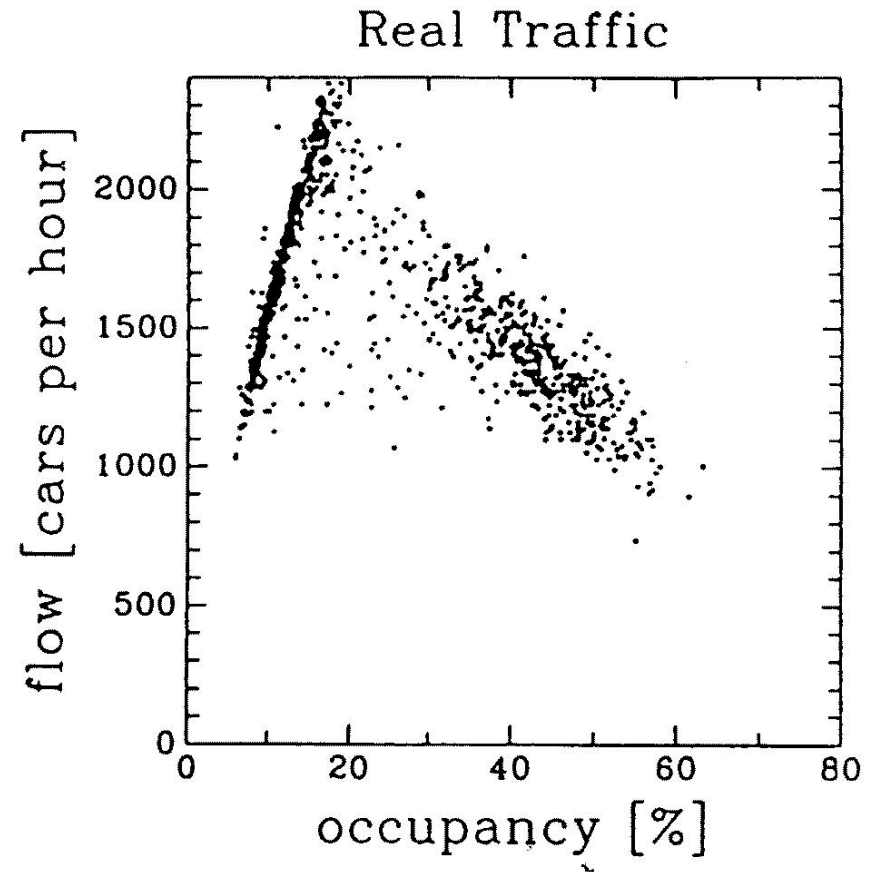
$V_{\text{stau}} = 15 \text{ kmh}$



- **Fundamentaldiagramm**

Funktionaler Zusammenhang zwischen dem Strom J und der Dichte ρ

Man erkennt deutlich zwei getrennte Äste: Einen *Freiflußast mit positiver Steigung* und einen *gestauten Ast* mit negativer Steigung. Im Freiflußast ist die Wechselwirkung der Fahrzeuge miteinander vernachlässigbar. Jedes Auto kann daher mit seiner Wunschgeschwindigkeit v_{\max} fahren. Im gestauten Ast ist der mittlere Abstand der Fahrzeuge klein, so daß die Wechselwirkung dominiert.



Einfachste Darstellung der Fundamentaldiagramm

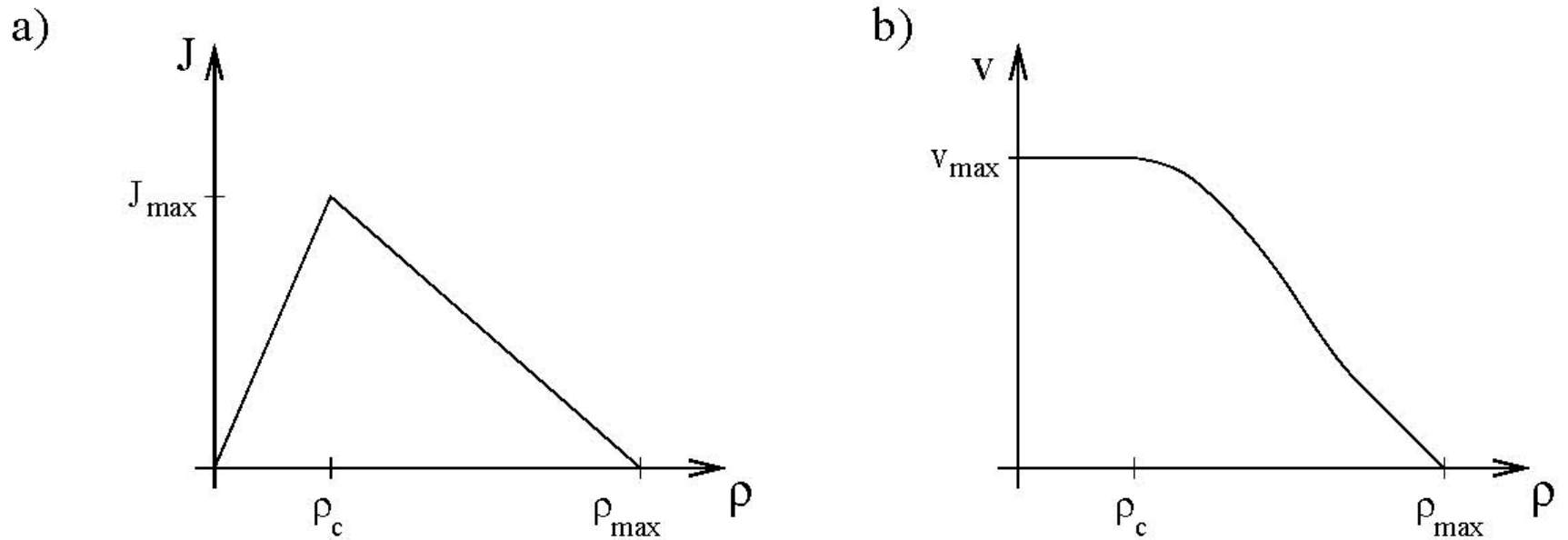
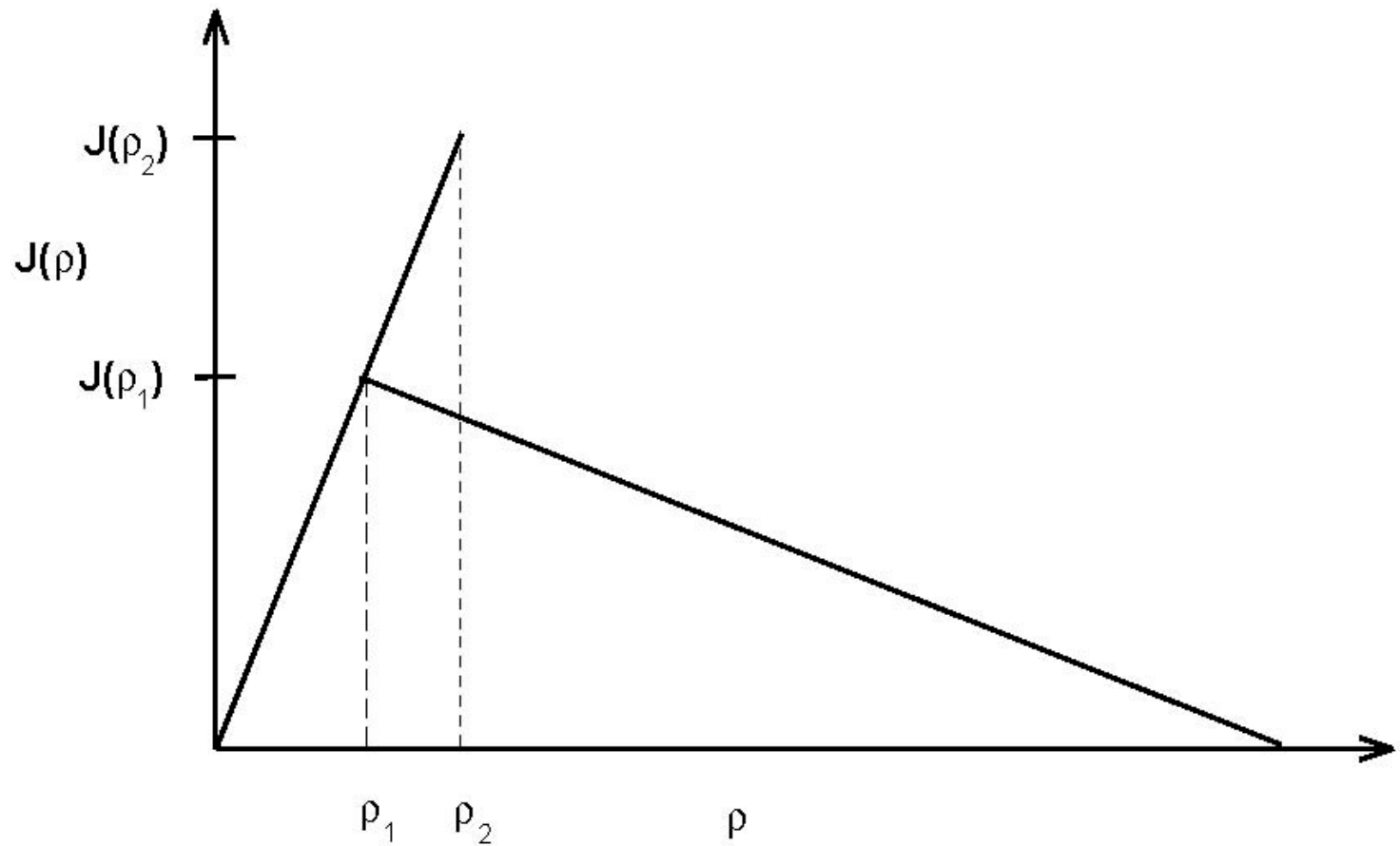
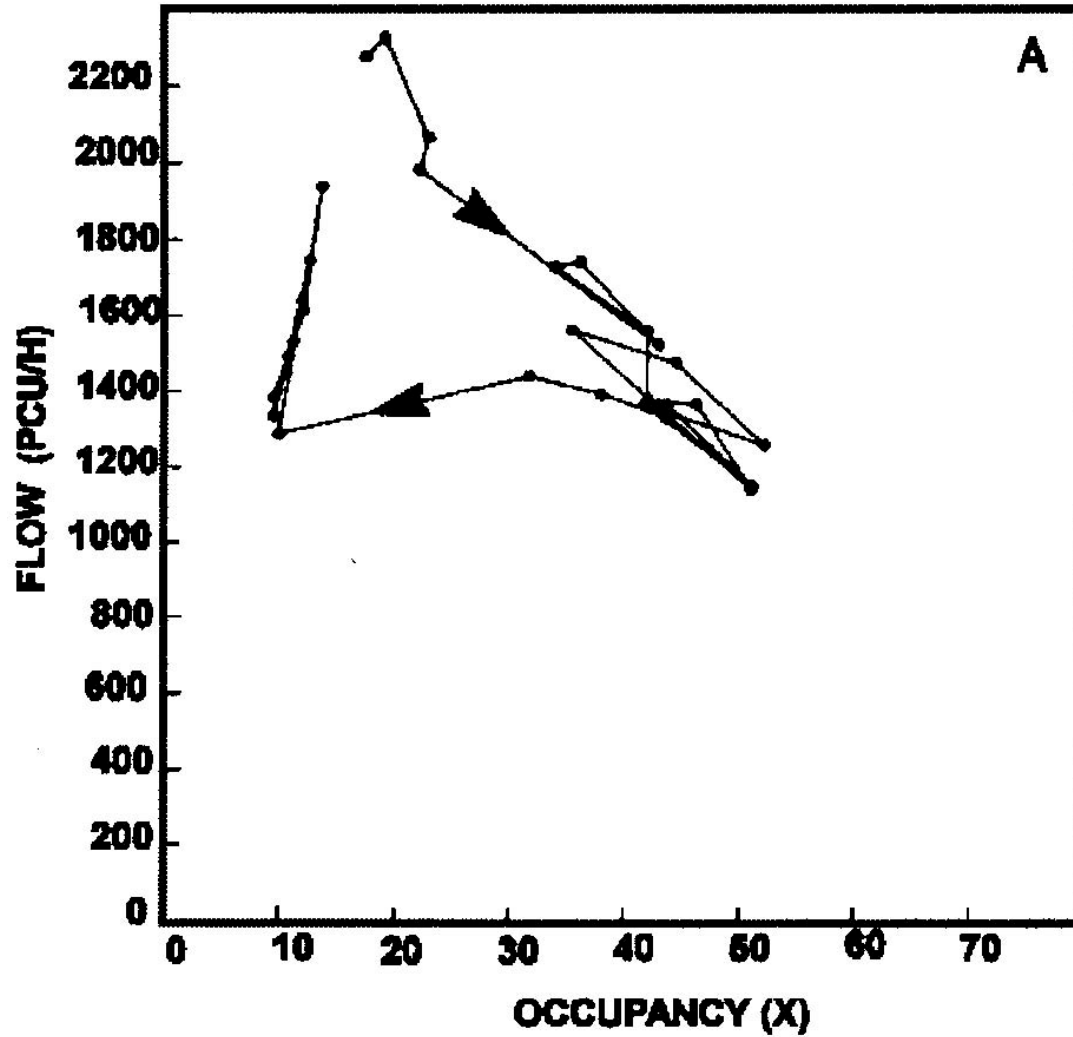


Abbildung I.2.4: Schematisches Fundamentaldiagramm a) $J = J(\rho)$ und b) $v = v(\rho)$.

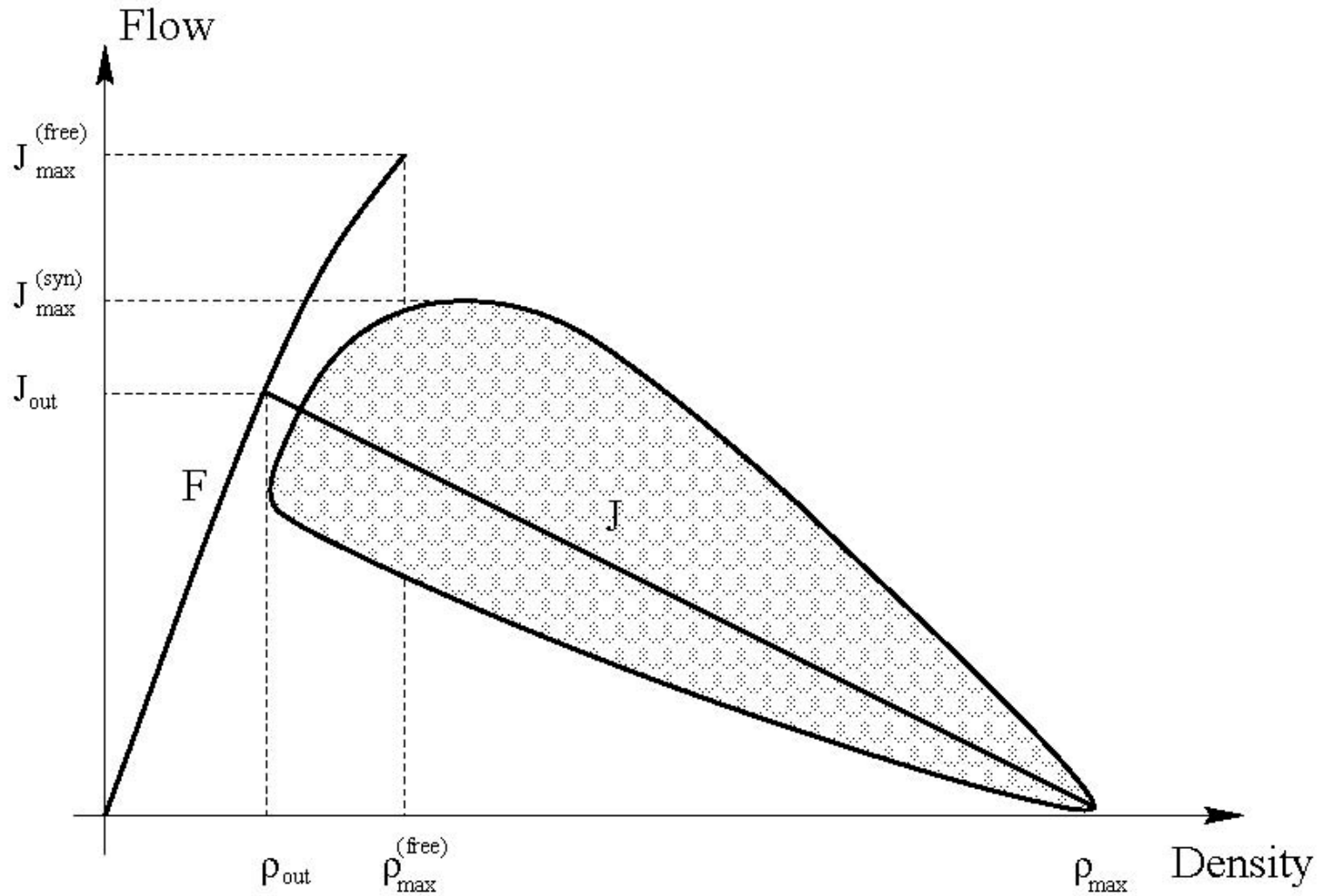
- Mit Metastabilität (Zustände mit Flüssen $J > J(\rho_1)$ = der Ausfluß aus einem großen Stau, metastabil sind)



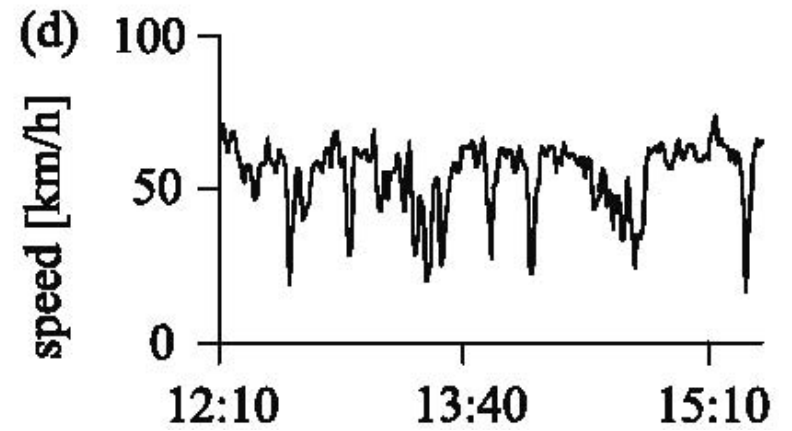
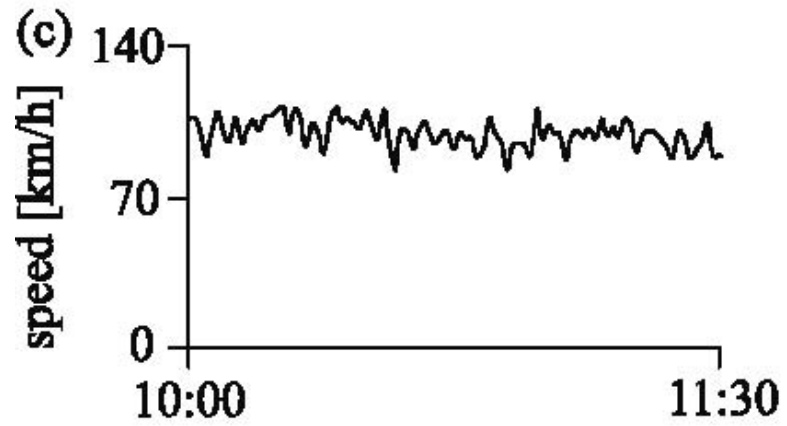
Hysteresis / Metastabilität in empirischen Daten



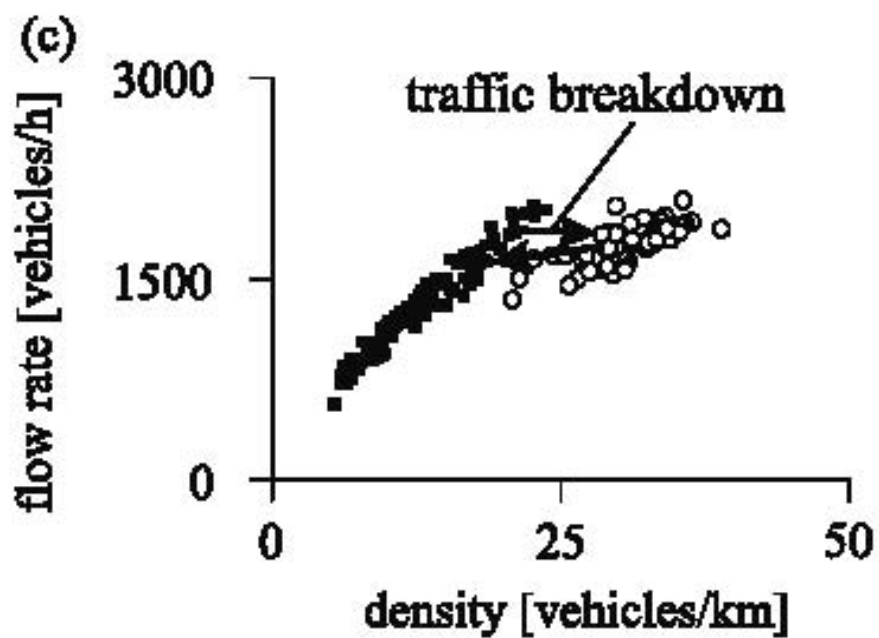
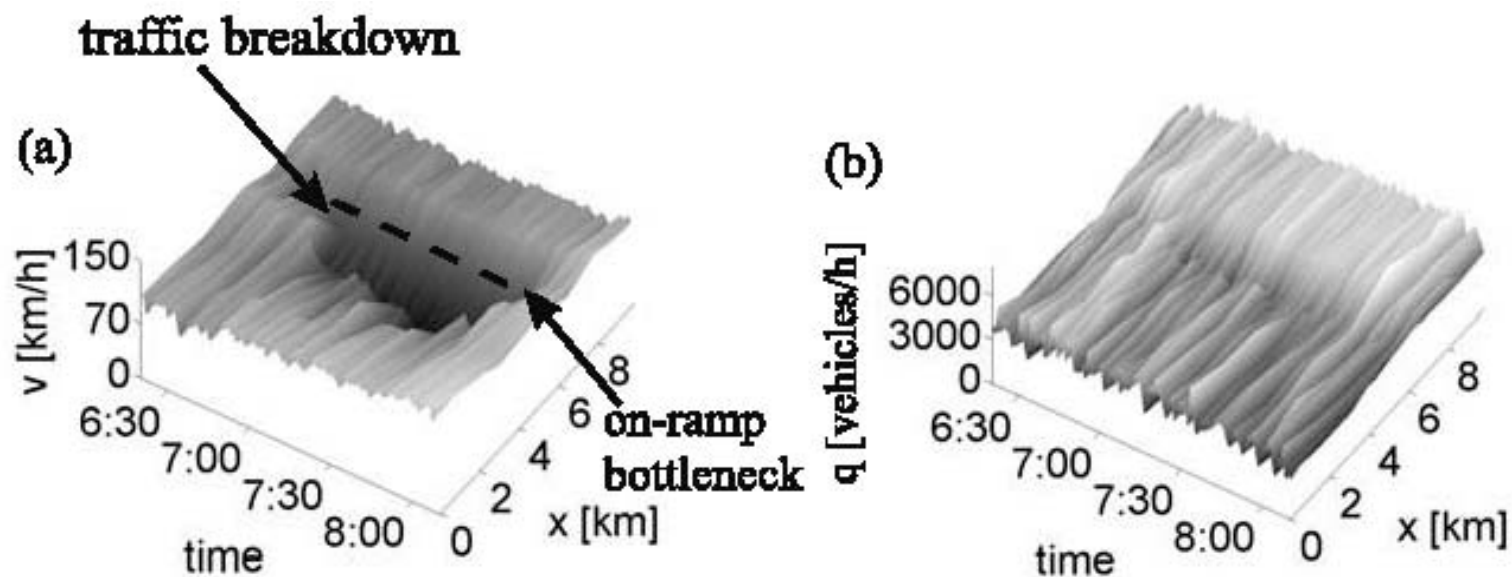
Zähflüssiges Verkehr



- Die Durchschnittsgeschwindigkeit ist deutlich kleiner als im Freifluß
- Der Fluß kann aber relativ groß werden
- Die $J(\rho)$ Punkte überdecken einen zweidimensionalen Bereich
- Bei Mehrspurverkehr sind die Geschwindigkeiten der Spuren stark korreliert (“synchronisiert”)
- Die Zeitreihe $\rho(t), J(t)$ ist “irregulär”



<http://trafficforum.org/stopandgo>



Modellklassen

- **Auflösung:** mikroskopisch \leftrightarrow makroskopisch
In mikroskopischen Modellen sind die einzelnen Fahrzeuge unterscheidbar, während in makroskopischen Modellen lediglich Dichten für die Zahl der Fahrzeuge, die Geschwindigkeit etc. betrachtet werden.

- **Variablen:** diskret \leftrightarrow kontinuierlich
Raum, Zeit und Zustandsvariable können jeweils diskret oder kontinuierlich sein. Dabei sind im Prinzip alle Kombinationen möglich.
- **Dynamik:** deterministisch \leftrightarrow stochastisch
Modelle mit einer stochastischen Dynamik enthalten Zufallselemente

- **Detailgrad:** high fidelity <-> low fidelity

Der Detailgrad bezieht sich auf den offensichtlichen Realismus des Modells. High fidelity Modelle versuchen z.B. das Verhalten des Fahrers möglichst realistisch nachzubilden, während low fidelity Modelle mehr darauf abzielen, gewisse Meßgrößen wie z.B. das Fundamentaldiagramm korrekt zu reproduzieren.