

# Kapitel 1

## Einleitung

### 1.1 Straßenverkehr und Statistische Physik

Der Straßenverkehr ist heutzutage auf den ersten Blick ein gesellschaftliches, wirtschaftliches und ökologisches Problem. Räumliche und zeitliche Effizienz werden gefordert. Dazu erzwingt die Knappheit natürlicher Ressourcen neue Lösungsansätze, zu denen auch die Physik ihren Beitrag leisten kann. Die Randbedingungen sind dabei klar umrissen: Es ist kein umfangreicher Ausbau der Infrastruktur zu erwarten, und die Mischung aus Berufs-, Transit- und Freizeitverkehr, verbunden mit steigenden Fahrzeugzahlen, verursacht immer wieder Engpässe. Nach [20] nimmt die Länge der Straßen im deutschen überregionalen Verkehr nur noch unwesentlich zu, nämlich nur noch wenige Hundert Kilometer oder Bruchteile von Prozent im Jahr. Hingegen wächst die Zahl der zugelassenen Fahrzeuge eine Größenordnung schneller. Dieses Wachstum ist sicherlich nicht nur ein Ausdruck der existenziellen Notwendigkeit von Mobilität, sondern auch des Wohlstands, der Bequemlichkeit und des Prestiges. Trotz leichten Rückgangs der mittleren jährlichen Fahrleistungen pro Kfz stieg in derselben Zeitspanne die durchschnittliche tägliche Verkehrsbelastung um einige Prozent an. Dies kann aus den sogenannten *DTV*-Werten [20] und vergleichbaren Verkehrsstatistiken aus unterschiedlichen Erhebungsgebieten abgelesen werden.

Welchen Beitrag kann die Statistische Physik zu Lösungsansätzen in der Verkehrsproblematik leisten? Zum einen besteht die Möglichkeit, das zweifelsohne umfangreiche Datenmaterial, das durch Zählungen permanent gewonnen wird, mit Hilfsmitteln der Statistischen Physik auszuwerten. Es kann ein Überblick über die entscheidenden Wechselwirkungen zwischen den Fahrzeugen gewonnen werden. Fließen diese Erkenntnisse in die Modellbildung ein, dann ist zu erwarten, dass die damit erzielbaren Resultate die Realität in zufriedenstellendem Umfang beschreiben. Zum anderen ist dies eine interessante Fragestellung der Transporttheorie und der Physik des Nichtgleichgewichts.

Findet man ein zuverlässiges, realitätsnahes und effizientes Modell, so lassen sich nicht

nur Phänomene am „Laborsystem“ untersuchen und Zustände präparieren, was im realen Verkehr faktisch nicht möglich ist, sondern auch konkrete Anwendungen umsetzen. Routenplanung und Kurzfristprognosen stellen zwei Möglichkeiten dar, wie aus Verkehrsmessungen und Simulationen Informationen generiert werden können, die letztendlich sowohl dem Gesamtsystem als auch dem einzelnen Fahrer Vorteile bringen.

## 1.2 Gliederung der Arbeit

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in zwei Themenschwerpunkte:

1. Analyse empirischer Daten sowie
2. Modellbildung und Computersimulationen.

Die empirischen Untersuchungen sind Gegenstand des Kap. 2. Für die Analysen stand umfangreiches Datenmaterial von Autobahnen und Stadtstraßen in verschiedenen Auflösungen, d.h. Einzelfahrzeug- und aggregierte Daten, zur Verfügung. Ein Teil der Daten wird minutenaktuell von den Messstellen an den Autobahnen Nordrhein-Westfalens an Rechner der Arbeitsgruppe „Physik von Transport und Verkehr“ an der Gerhard-Mercator-Universität Duisburg übertragen, um sogenannte Online-Simulationen durchzuführen. So konnte eine umfassende, in Raum und Zeit nahezu lückenlose Datenbank aufgebaut werden, die permanent wächst, so dass die Ergebnisse der Untersuchungen und andere bestehende Erkenntnisse gefestigt werden können und auch neue Schlussfolgerungen ableitbar sind.

Die Resultate fließen danach direkt in die Modellbildung ein (Kap. 3). Die Analyse der Einzelfahrzeugdaten lässt wichtige Schlüsse für mikroskopische Simulationen zu, da hier Details der Fahrzeug-Fahrzeug-Wechselwirkungen offen gelegt werden. Es wird ein geeignetes Zellularautomaten-Modell vorgeschlagen, das diese aus den empirischen Daten ablesbaren Eigenschaften nachbilden kann. Die Implementierung eines Zweispurregelsatzes erlaubt den Einsatz dieser Modifikation auch bei der Simulation realer Straßennetzwerke (Überholen, Auf- und Abfahrten).

In Kap. 4 werden die Ergebnisse der numerischen Untersuchungen zellulärer Automaten für den Verkehrsfluss vorgestellt und diskutiert. Zunächst erfolgt eine Betrachtung der Messmethoden, die verschiedene Zugänge zur Berechnung der lokalen Dichte zulassen (Abschn. 4.1). In der numerischen Analyse besteht hier, im Gegensatz zu den empirischen Daten, ein einfacherer Zugriff auf relevante Informationen. In darauf folgenden Abschn. 4.2 werden Dichtewellen untersucht. Eine Korrelationsanalyse liefert Informationen über die Geschwindigkeit der Stauwellen. Abschließend wird in Abschn. 4.3 der in dieser Arbeit vorgeschlagene Zellularautomat mit Antizipation eingehend anhand numerischer Simulationen untersucht. Besonderes Augenmerk liegt hierbei auf kleinen Zeitlücken und metastabilen Zuständen im Ein- und Zweispurfall.