

## 1 Einleitung

### 1.1 Problemstellung

Die Kenntnis der Gesetzmäßigkeiten des Straßenverkehrs ist wichtig für Planung, Entwurf, Bau und Betrieb von Straßenverkehrsanlagen. Wichtige Gesetzmäßigkeiten des Straßenverkehrs betreffen nach BOLTZE [1999] den Umfang des Verkehrs, seine räumliche und zeitliche Verteilung sowie den Ablauf des Verkehrs auf seinen Anlagen und Verkehrsflächen. Unter Verkehrsablauf werden i.a. alle Erscheinungen verstanden, die im räumlich-zeitlichen Verlauf von Ortsveränderungen auftreten.

Der Verkehrsablauf bei unterschiedlichen Witterungsbedingungen ist von vielen Seiten bereits untersucht worden. Für den Zustand „Helligkeit und trockene Fahrbahn“ liegen die meisten Quellen - fast immer als verkehrstechnische Untersuchungen - vor. BRILON / GROßMANN / BLANKE [1993] beschreiben, dass die Verfahren für die Bestimmung der Kapazität und Verkehrsqualität grundsätzlich trockene Fahrbahnen und gute Sichtverhältnisse voraussetzen. Die Auswirkungen nasser Fahrbahnen werden in Untersuchungsergebnissen zur Unfallrelevanz von Nässe bzw. von Folgen der Nässe auf die Fahrbahngriffigkeiten beschrieben [HIERSCHKE / TENZINGER 1987]. Der Verkehrsablauf bei Dunkelheit und während oder nach winterlichen Niederschlägen wurde bislang wenig untersucht. Folgende Ansätze innerhalb einer kurzeinführenden Literaturzusammenstellung zeigen Gedanken, die zur gewählten Aufgabe dieser Arbeit führten:

- Betrachtet man den Verlauf des Tageslichtes im Jahresgang vereinfacht nach PONZLET [1996], lässt sich feststellen, dass an rd. 70% eines Jahres in Deutschland Helligkeit herrscht. Vergleicht man diesen Tageslichtverlauf mit einer „typischen“ Tagesganglinie aus verkehrstechnischen Untersuchungen [z.B. IONESCU ET AL. 1997], so fällt auf, dass die stärksten Verkehrsbelastungen im Frühjahr, Sommer und Herbst bei Helligkeit, im Winter bei Beginn der Dämmerung oder in der Dunkelheit auftreten.
- Bis Mitte der 80er Jahre ging man davon aus, dass der Zeitanteil, in dem es feststellbar regnet, zwischen 7 und 12% eines Jahres liegen dürfte und dass der für Sicherheitsuntersuchungen relevante Zustand nasser Fahrbahnen vielleicht bei 10 bis 15% liegt [ELLINGHAUS 1983]. Neuere Untersuchungen des DWD [1996] zeigen, dass in Deutschland jährlich etwa 1.300 Stunden mit Regen zu erwarten sind; diese entsprechen rd. 15% der Gesamtzeit eines Jahres. Der Fahrbahnzustand „nass“ hat einen größeren Zeitanteil, da der Feuchtegrad einer Fahrbahn nicht nur von der Niederschlagsdauer und -intensität sondern auch von relativer Luftfeuchte, Lufttemperatur, Globalstrahlung, Windgeschwindigkeit und Verkehrsnachfrage abhängt. Nach LANG [1991] kann unter ungünstigen Bedingungen die „Abtrocknungsphase“ ebenso lang anhalten wie die „Niederschlagsphase“ selbst, so dass insgesamt an rd. 30% eines Jahres nasse oder feuchte Fahrbahnen vorliegen [EULER / SCHRÖDER ET AL. 1989].
- Neben Nässe mit ihrer Aquaplaninggefahr sind die Ursachen der wesentlichen Störungen des Verkehrsablaufs in Abhängigkeit von der Witterung nach BEHRENDT [1982] winterliche Straßenglätte. Fahrbahnglätte kann durch Schneefall, Schneeregen und Eisregen entstehen. Jahresganglinien der mittleren monatlichen Zeitanteile verschiedener Niederschlagsarten zeigen für Berlin, dass im Mittel an 2,5% der Zeit des Jahres Schnee fällt [AREND / SCHWENKE / ZMECK 1980]. Die Häufigkeit, mit der der Straßenverkehr von einer geschlossenen Schneedecke betroffen wird, ist demgegenüber jedoch schwer zu ermitteln. Bei Temperaturen um den Gefrierpunkt werden die Straßen durch den Winterdienst und den Verkehr schnee- und eisfrei gehalten, während auf unberührten Flächen - wie etwa denen der meteorologischen Messstationen - noch Schnee liegt. Tatsächlich schneebedeckte Straßen sind daher seltener anzutreffen als die amtlich ermittelte geschlossene Schneedecke. ELLINGHAUS [1983] stellt fest, „... dass keine verlässlichen Daten über den Zeitanteil des Auftretens von Straßenglätte vorliegen“. Straßenglätte

ist so selten, dass ihre Dauer pro Jahr eher in Stunden als in Tagen gemessen werden kann. Sie ist ein Phänomen, das nicht nur von Wetter und Klima, sondern auch von landschaftlichen und baulichen Besonderheiten bestimmt wird (beispielhaft sei das Glatteis auf Brücken genannt). Die im Verhältnis geringe Anzahl an wirklichen Winterstunden mit Straßenglätte ist für die Einschätzung des Verkehrsablaufs bislang nicht von Bedeutung.

Aus den genannten Quellen wird deutlich, dass der individuelle Straßenverkehr an seiner i.a. frei wählbaren Verhaltensweise der Ortsveränderung durch Witterung durchaus behindert wird. Besonders augenfällig ist die Wissenslücke über die Behinderungen und die Besonderheiten des Verkehrs im Winter. Hinzu kommt, dass mit weiter wachsender Verkehrsnachfrage in der Bundesrepublik Deutschland der Verkehrsfluss zunehmend gestört wird. Selbst bei nur kurz anhaltenden (und in der Vergangenheit nicht verkehrsrelevanten) winterlichen Niederschlägen kann aufgrund der Verkehrsnachfrage häufig ein Einbruch in der Verkehrsqualität erwartet werden. In Situationen mit extremer Witterung (Niederschläge mit großen Neuschneemengen, Eisregen) treten schwere Verkehrsstörungen meist als Staus auf. Bislang fehlen jedoch auch grundlegende Kenntnisse über das Ausmaß und die Auswirkungen dieser Verkehrsstörungen auf den Verkehrsablauf.

## 1.2 Ziel und Abgrenzung der Arbeit

Im Rahmen der Bearbeitung des Forschungsprojektes „Vermeidung glättebedingter Staus durch Maßnahmen des Straßenwinterdienstes“ (Gemeinsames Programm des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen und der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) fiel die oben beschriebene Wissenslücke auf und führte zu dieser Arbeit.

Arbeitsauftrag dieser Arbeit war, die Besonderheiten des Verkehrs unter winterlichen Bedingungen zu untersuchen, zu beschreiben und zu bewerten. Als ein wesentlicher Schwerpunkt der Arbeit wurde die Ermittlung des Zeitmehrbedarfs, der den Verkehrsteilnehmern durch winterliche Witterung entsteht, festgelegt. Zusätzlich sollten aus den Untersuchungsergebnissen der Arbeit Empfehlungen zur Verbesserung des Verkehrsablaufs abgeleitet werden. Ziel dieser Arbeit war nicht, Folgerungen und Vorschläge zur Verbesserung des Verkehrsablaufs betriebs- und volkswirtschaftlich quantitativ zu bewerten; in der Arbeit wurde nur eine argumentierende und begründete qualitative Bewertung ihrer Kosten vorgenommen. Als Untersuchungsgegenstand der Arbeit wurden freie Streckenabschnitte von Bundesautobahnen gewählt; innerörtliche und anders klassifizierte Landstraßen wurden nicht untersucht.

Beschreibungsgrößen des Verkehrsablaufs sind Verkehrsnachfrage, Verkehrsstärken, Verkehrsdichten, Zeit- und Weglücken, lokale und momentane mittlere Geschwindigkeiten sowie Verkehrsstörungen. Schwerpunkte dieser Arbeit sind Untersuchungen winterlich bedingter Störungen (Staus) sowie Untersuchungen der veränderten Verkehrsnachfrage und der veränderten mittleren Geschwindigkeiten. Maximale Verkehrsstärken, Verkehrsdichten, Zeit- und Weglücken werden im einzelnen nicht betrachtet.

## 1.3 Überblick über den Inhalt der Arbeit

Zunächst wird in einem Überblick über den **Bisherigen Kenntnisstand** (Kapitel 2) zusammengestellt, welche relevanten Informationen und Erkenntnisse zur Witterung und zum Wettergeschehen, zu den Besonderheiten des Verkehrsablaufs im Winter und zu Maßnahmen zur Verbesserung des Verkehrsablaufs verfügbar sind. Schwerpunkt bildet die Analyse der Literatur über die Verkehrsnachfrage und Kapazitäten sowie von mittleren Geschwindigkeiten, Störungen und Zeitverlusten.

Im sich anschließenden Teil **Methodik und systematische Untersuchung** (Kapitel 3) werden neben der Beschreibung der allgemeinen methodischen Vorgehensweise, der Auswahl und Analyse des Untersuchungsgebiets und des Beobachtungsraums auch die Datengrundlagen der Untersuchung und ihre Aufbereitung dargestellt. Die in drei Wintern (1996 bis 1999) erfassten Messdaten werden ausserdem auf ihre Genauigkeit überprüft und verifiziert.

Grundlage der Arbeit sind u.a. Messwerte lokaler Induktionsschleifenmessungen. Obwohl die erfassten Daten eine große Genauigkeit aufweisen und in ihrer Qualität für verkehrstechnische Untersuchungen ausreichen, wurde auf die Ermittlung von Fundamentaldiagrammen verzichtet, da genaue Verkehrsdaten mit groben Wetter- und Straßenzustandsdaten verbunden im mathematischen Sinn keine abgesicherten Einsichten in den Verkehrsablauf ergeben. Statt der Ermittlung von Fundamentaldiagrammen für unterschiedliche Wetter- und Straßenzustände wurden die Veränderungen der Verkehrsnachfrage und der mittleren Geschwindigkeiten in mit-ohne-Vergleichen untersucht und hierfür Messwerte winterlicher und nicht-winterlicher Vergleichstage verwendet.

Die **Ergebnisse** der Untersuchung (Kapitel 4) zeigen die Besonderheiten des Verkehrs auf Autobahnen im Winter bezüglich der Verkehrsnachfrage, mittlerer Geschwindigkeiten, Reisegeschwindigkeiten des Güterverkehrs, winterlich bedingter Störungen (Eigenerfassung und bundesweite Umfrage) und eines Zeitmehrbedarfs für die Verkehrsteilnehmer.

In Kapitel 5 werden die sektoralen Ergebnisse der Untersuchung zu einem Gesamtbild verknüpft und als **Empfehlungen und Folgerungen** zur Verbesserung des Verkehrsablaufs im Winter beschrieben. Ferner wird der mögliche weitere Untersuchungsbedarf zum Verkehrsablauf im Winter formuliert und ein methodischer Ansatz zur Bestimmung der Kapazität von Autobahnen im Winter ausgearbeitet.

Die Arbeit schliesst mit einer **Zusammenfassung** der Ergebnisse (Kapitel 6). Die Ergebnisse sind neue Kenntnisse über die Besonderheiten des Verkehrs auf Autobahnen unter winterlichen Bedingungen und eine Berechnung der Größenordnung des Zeitmehrbedarfs der Auswirkungen von Winterwitterung als erster Erkenntnisschritt. Sie können als Grundlage für weitergehende Untersuchungen mit dem Ziel einer volkswirtschaftlichen Gegenüberstellung von Zeitverlusten der Straßennutzer und Kosten des Straßenbetriebsdienstes dienen. Zudem kann mit dem erarbeiteten methodischen Ansatz die Kapazität von Autobahnen im Winter untersucht werden.