

# **Besonderheiten des Verkehrs auf Autobahnen unter winterlichen Bedingungen**

Vom Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie  
der Technischen Universität Darmstadt zur Erlangung  
des akademischen Grades eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)  
genehmigte Dissertation

vorgelegt von  
**Dipl.-Ing. Stefan Klotz**  
aus Bonn

D17  
Darmstadt 2002

Referent: Prof. Dr.-Ing. J. Stefan Bald  
Korreferenten: Prof. Dr.-Ing. Robert Schnüll  
Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze

Tag der Einreichung: 06.03.2001  
Tag der mündlichen Prüfung: 14.12.2001

## Vorwort und Danksagung

Die Arbeit ist abgeschlossen! Die Dissertation über die Besonderheiten des Verkehrs unter winterlichen Bedingungen auf Autobahnen liegt als Druckfassung vor. Auf dem Weg zum Ziel bin ich vielen Menschen zu Dank verpflichtet, welchen ich hier meinen Ausdruck geben möchte.

Mein Dank gebührt zunächst Herrn Prof. Dr.-Ing. Walter Durth, der es mir ermöglichte, an der TU Darmstadt für fünf Jahre als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig sein zu dürfen und mir dadurch Gelegenheit gab, Vorbereitungen für diese Dissertation treffen zu können.

An zweiter Stelle – nicht minder bedeutend – sei mein Dank an Herrn Prof. Dr.-Ing. Robert Schnüll gerichtet, der mir (als Sohn eines „Eisenbahners“) in seiner Funktion als Hochschullehrer an der Universität Hannover neben den Grundlagen des Straßenverkehrswesens auch die besondere Bedeutung einer ganzheitlichen Betrachtungsweise für Problemstellungen eröffnete. Zusätzlich habe ich ihm herzlich für die Übernahme des Korreferates zu danken.

Das fünfte Jahr an der TU Darmstadt durfte ich unter Herrn Prof. Dr.-Ing. J. Stefan Bald erleben. Ihm danke ich ganz herzlich für seine Unterstützung und das „Einspringen“ als erster Referent der Arbeit. Seine vielen neuen Ideen und Visionen, aus denen immer inhaltlich plausible und praktische Ergebnisse resultieren, haben mich bis heute fasziniert.

Dank sagen möchte ich zudem Herrn Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze für die Übernahme des zweiten Korreferates und seine weiterführenden Anmerkungen, die das Ergebnis der Arbeit verbesserten.

Beide Lebensabschnitte – Studium in Hannover und Assistentenzeit in Darmstadt – waren ausgesprochen lehrreich und prägend für mich. Sie sind für mein weiteres Berufsleben ungemein wertvoll, viele Situationen werde ich mein Leben lang in Erinnerung behalten. Hierzu zählen auch die vielen Diskussionen mit meinen Studienfreunden, meinen Kollegen und den HiWis; letztgenannte standen stets hilfsbereit und aufopferungsvoll zur Seite. Darüber hinaus fand ich bei Jürgen Follmann, Klaus Habermehl, Michael Schenk und Hermann Grünfeld stets freundschaftlich moralische Unterstützung, die für den Abschluss der Arbeit ausgesprochen förderlich war.

Ganz besonders danken möchte ich meiner Frau Jutta-Maria, die in der Zeit der Anfertigung dieser Arbeit unsere drei Söhne Julius, Johann und Leonard zur Welt gebracht hat und mir allen familiären Rückhalt gab.

Angewandte Forschung ist selten spektakulär und das Rad wird auch nicht mit jeder Dissertation neu erfunden – schon gar nicht im Bereich des Straßenbetriebs, der eng mit dem Verkehr unter winterlichen Bedingungen verknüpft ist. Nichtsdestotrotz glaube ich, mit dieser Arbeit für die mit der Theorie bewandten und die in der Praxis tätigen Menschen einen Beitrag geleistet zu haben, der zeigt, welchen Nutzen und welche Bedeutung der Winterdienst für das Wohl aller hat. Diese für viele sicherlich per se bekannte Tatsache konnte jetzt wissenschaftlich belegt werden.

## Abstract in english

It was order of the work to examine, to describe and to assess the characteristic features of the traffic under wintry conditions on german autobahns. Having knowledge of the fact that wintry road conditions on german autobahns only appear few hours per annum results are worked out, which describe the amount of the changed traffic demand, of the changed time-mean speeds and of wintry-conditional congestions. As essential parts of the work losses of time on free sections of the autobahns were investigated, which result for the road users from wintry weather.

During three winterperiods comparative investigations between winter- and non-winter-days were made. At these time-mean speeds, journey speeds, reasons for congestion and length and duration of congestions were examined. For these investigations local and regional-temporary measures were made as well as traffic observations. After evaluation of the measurements it turned out that both the traffic demand and the time-mean speeds decline clearly on winter's days. On sundays and public holidays furthermore has a stronger decline to be established than on working days. Most strongly the consequences of wintry roads are to notice on the left driving lane, right and middle driving lanes show less distinctive declines. The passenger car traffic reacts more strongly to wintry weather situations as the freight transport. In addition of the decline in the passenger car traffic for winter's days greater freight transport shares are determined. At winter weather a strong increase of the freight transport traffic is also watched on the middle and left driving lanes. Essential reasons of wintry-conditional congestions are traffic demand, accidents, unexpected behaviour of the road user, congestion running upstream (secondary congestion), bottlenecks (road works) and winter weather itself (main reason). It is a characteristic feature of these congestions that all driving lanes of a cross-section are concerned at the same time and there is a complete interruption in traffic flow. It turned out that the losses of time can become considerable extents for journeys in winter.

Most influences for improvements of this situation will be seen in the avoidance of congestions, the retention of the desired time-mean speed is also connected narrowly with that. It can be assumed it is successful to avoid wintry-conditional congestions most largely that the traffic flow "liquidly runs" and the road users don't suffer from any great losses of time then. For the improvement in the traffic flow on autobahns in winter in this work recommendations which confine themselves to the increase of the effectiveness of the winter road maintenance were therefore worked out. Besides this also basic recommendations are conceivable which concern the information technology, the transportation engineering, the road planning, the road design and the traffic law (judgement).

Building on the results of this work further examinations can be led to determine the capacity of autobahns in winter. For this a methodical approach was worked out. Furthermore the increased effort of winter road maintenance could exact calculated to the avoidance of wintry-conditional congestions or to ensure the traffic flow. Only if this is known in its details in e.g. the time costs (which result for the road user at winter weather) can be put in order exactly. In connection with this, a complete economic assessment of winter road maintenance then gets possible, too.

1	Einleitung	1
1.1	<b>Problemstellung</b>	1
1.2	<b>Ziel und Abgrenzung der Arbeit</b>	2
1.3	<b>Überblick über den Inhalt der Arbeit</b>	3
2	Kenntnisstand	4
2.1	<b>Witterung und Wettergeschehen im Winter</b>	4
2.1.1	<i>Klima der Bundesrepublik Deutschland</i>	4
2.1.2	<i>Niederschlagsformen und Witterungszustände</i>	4
2.1.3	<i>Häufigkeit, Umfang und Dauer von winterlichen Witterungszuständen</i>	4
2.1.4	<i>Winterglätte auf Verkehrsflächen</i>	7
2.2	<b>Besonderheiten des Verkehrsablaufs im Winter</b>	8
2.2.1	<i>Allgemeines</i>	8
2.2.2	<i>Zustandsformen des Verkehrs</i>	8
2.2.3	<i>Verkehrsnachfrage, Verkehrsstärke und Kapazität</i>	13
2.2.4	<i>Mittlere Geschwindigkeiten</i>	17
2.2.5	<i>Störungen und Zeitverluste</i>	20
2.3	<b>Massnahmen zur Verbesserung des Verkehrsablaufs im Winter</b>	23
2.3.1	<i>Allgemeines</i>	23
2.3.2	<i>Wetter- und Winterdienst</i>	23
2.3.3	<i>Verkehrstechnik</i>	24
2.3.4	<i>Besondere Massnahmen</i>	25
2.4	<b>Folgerungen für die Arbeit</b>	26
3	Methodik und systematische Untersuchung	28
3.1	<b>Allgemeine methodische Vorgehensweise</b>	28
3.2	<b>Auswahl und Analyse des Untersuchungsgebietes und des Beobachtungsraumes</b>	30
3.2.1	<i>Streckencharakteristiken</i>	31
3.2.2	<i>Verkehrscharakteristiken</i>	33
3.2.3	<i>Wettercharakteristiken</i>	33
3.3	<b>Datengrundlagen der Untersuchung</b>	34
3.3.1	<i>Erfassung des Wetters</i>	34
3.3.1.1	<i>Monatliche Witterungsberichte des DWD</i>	34
3.3.1.2	<i>Prognosewerte des Straßenzustands- und Wetter-Informationssystem (SWIS)</i>	34
3.3.1.3	<i>Wetteraufzeichnungen</i>	35

3.3.2	<i>Erfassung des Verkehrsablaufs</i>	34
3.3.2.1	<i>Verkehrsnachfrage und mittlere Geschwindigkeiten</i>	35
3.3.2.2	<i>Reisegeschwindigkeiten des Güterverkehrs</i>	37
3.3.2.3	<i>Winterlich bedingte Störungen</i>	39
3.3.2.4	<i>Bundesweite Umfrage</i>	39
3.3.3	<i>Genauigkeit der Daten</i>	40
3.3.3.1	<i>Verifikation der verwendeten Wetterdaten</i>	40
3.3.3.2	<i>Verkehrsnachfrage und mittlere Geschwindigkeiten</i>	45
3.3.3.3	<i>Reisegeschwindigkeiten des Güterverkehrs</i>	46
3.3.3.4	<i>Erfassung winterlich bedingter Störungen</i>	47
3.3.3.5	<i>Antworten der bundesweiten Umfrage</i>	48
<b>3.4</b>	<b>Art der Datenaufbereitung</b>	<b>50</b>
3.4.1	<i>Zuordnung der Mess- und Vergleichstage zum Witterungsverlauf</i>	50
3.4.2	<i>Verkehrsnachfrage und mittlere Geschwindigkeiten</i>	52
3.4.3	<i>Reisegeschwindigkeiten des Güterverkehrs</i>	52
3.4.4	<i>Zeitmehrbedarf aus verminderten Geschwindigkeiten im Winter</i>	56
3.4.5	<i>Zeitmehrbedarf aus winterlich bedingten Störungen (Staumodell)</i>	58
3.4.5.1	<i>Eingangsrößen</i>	58
3.4.5.2	<i>Berechnungsmodell</i>	61
3.4.6	<i>Hochrechnung des Zeitmehrbedarfs auf das gesamte BAB-Netz</i>	62
3.4.6.1	<i>Verminderte Geschwindigkeiten</i>	62
3.4.6.2	<i>Winterlich bedingte Störungen</i>	63
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>66</b>
<b>4.1</b>	<b>Verkehrsnachfrage und mittlere Geschwindigkeiten</b>	<b>66</b>
4.1.1	<i>Verkehrsnachfrage</i>	66
4.1.1.1	<i>Veränderungen der Verkehrsnachfrage im Tagesgang</i>	67
4.1.1.2	<i>Grösse der veränderten Verkehrsnachfrage vollständiger Tage</i>	70
4.1.2	<i>Mittlere Geschwindigkeiten</i>	74
4.1.2.1	<i>Veränderungen der mittleren Geschwindigkeiten im Tagesgang</i>	74
4.1.2.1	<i>Grösse der veränderten mittleren Geschwindigkeiten vollständiger Tage</i>	77
4.1.3	<i>Extremalwerte der mittleren Geschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Verkehrsnachfrage</i>	82
4.1.4	<i>Tage mit winterlich bedingten Störungen</i>	84
<b>4.2</b>	<b>Reisegeschwindigkeiten des Güterverkehrs</b>	<b>85</b>
4.2.1	<i>Ergebnisse des Winters 1996/97</i>	85
4.2.2	<i>Ergebnisse des Winters 1997/98</i>	85

<b>4.3</b>	<b>Erfassung, Auswertung und Bewertung winterlich bedingter Störungen</b>	<b>88</b>
4.3.1	Erfassung	88
4.3.2	Auswertung	88
4.3.2.1	Staugründe und Stautypen	88
4.3.2.2	Staufolgen	90
4.3.2.3	Randbedingungen der Staus	91
4.3.3	Bewertung	95
<b>4.4</b>	<b>Bundesweite Umfrage</b>	<b>97</b>
4.4.1	Allgemeine Fragen	97
4.4.2	Erfassung winterlich bedingter Störungen (Winter 1997/98)	98
<b>4.5</b>	<b>Zeitmehrbedarf im Winter</b>	<b>102</b>
4.5.1	Zeitmehrbedarf durch verminderte Geschwindigkeiten im Winter	102
4.5.2	Zeitmehrbedarf durch winterlich bedingte Störungen	105
4.5.3	Zusammenfassende Darstellung des Zeitmehrbedarfs	106
<b>5</b>	<b>Empfehlungen und Folgerungen</b>	<b>109</b>
<b>5.1</b>	<b>Allgemeines</b>	<b>109</b>
<b>5.2</b>	<b>Empfehlungen zur Steigerung der Wirksamkeit des Winterdienstes</b>	<b>109</b>
<b>5.3</b>	<b>Folgerungen und weiterer Untersuchungsbedarf</b>	<b>113</b>
<b>5.4</b>	<b>Methodischer Ansatz zur Bestimmung der Kapazität von Autobahnen im Winter</b>	<b>113</b>
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>116</b>

Literaturverzeichnis

Verzeichnis der Abkürzungen

Verzeichnis der Abbildungen

Verzeichnis der Tabellen

Verzeichnis der Anlagen