

Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik

Heft

797

2000

Forschungsberichte aus dem Forschungsprogramm
des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen und
der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V.

Bewertung von Verfahren zur Erkennung von Störungen im Verkehrsablauf in Theorie, Praxis und Simulation

Untersuchung von abschnittsbezogenen neuen Verfahren
zur automatischen Stau- und Störfallerkennung
aufgrund lokaler Meßwerte und ihre Wirksamkeit im praktischen Einsatz

Dipl.-Ing. Marcus Hoops
Dr. Ronald Kates
Univ.-Prof. Dr./UCB Hartmut Keller

Fachgebiet Verkehrstechnik und Verkehrsplanung
Technische Universität München

HLuHB Darmstadt



14967516

November 2000

Herausgegeben vom Bundesministerium für Verkehr, Bau- und
Wohnungswesen, Abteilung Straßenbau, Straßenverkehr, Bonn

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	20	4	Feldversuch	38
1.1	Aufgabenstellung	20	4.1	Ziele und Vorbereitung	38
1.2	Entscheidungskontext	20	4.2	Organisatorische und technische Gegebenheiten	39
1.3	Rolle der Störungserkennung im Rahmen der Verkehrsbeeinflussung ...	20	4.2.1	Implementierung der Verfahren	39
1.3.1	Die Verkehrsbeeinflussung	20	4.2.2	Aufwand für die Datenerhebung	39
1.3.2	Qualitative Beschreibung der grundsätz- lichen Anforderungen einer SBA an die Störungserkennung	21	4.2.3	Bedingungen im Testfeld B 27	40
1.3.3	Weitere Anwendungsgebiete und Anfor- derungen an die Störungserkennung ...	21	4.3	Datenerhebung	40
1.3.4	Erwartete Vorteile der abschnitts- bezogenen Detektionsverfahren	22	4.3.1	Verkehrereignisse	40
1.4	Vorgehensweise	22	4.3.2	Verkehrskontext	40
2	Untersuchungsansatz	23	4.3.3	Verfahrensmeldungen	41
2.1	Begriffe für die Analyse des gestörten Verkehrsablaufs	23	4.4	Datenaufbereitung	42
2.1.1	Differenzierung zwischen Ursache und Wirkung	23	4.5	Untersuchung der Güte der Verkehrs- daten in den Testfeldern	42
2.1.2	Ursachen von Verkehrsstörungen	23	4.5.1	Einleitung	42
2.1.3	Ausprägungen von Verkehrsstörungen ..	24	4.5.2	Gütekriterien der Verkehrsdaten	44
2.2	Gegenstand der Untersuchung	25	4.5.3	Testfeld A 1	44
2.3	Untersuchungskomponenten	26	4.5.4	Testfeld A 3	44
2.4	Bewertungskategorien	27	4.5.5	Testfeld B 27	44
2.4.1	Allgemeiner Überblick	27	4.5.6	Testfeld A 9	44
2.4.2	Begriff der Erkennungsgüte	27	4.5.7	Schlußfolgerungen	45
3	Systematische Analyse der Verfahren	28	5	Methodik der Verfahrensanalyse	45
3.1	Schema für die Klassifikation von Erkennungsverfahren	28	5.1	Prognose und Detektion	45
3.2	Prognoseverfahren	29	5.2	Implementierung der Prognose- verfahren: Ausgangsgrößen im Feld ...	45
3.2.1	Lokale Kennwertverfahren	29	5.2.1	Bemerkungen zur Implementierung der Prognoseverfahren	46
3.2.2	Abschnittsbezogenes Kennwert- verfahren: Traffic_Forecast_A3	32	5.3	Gütekriterien der Prognoseverfahren ..	46
3.3	Detektionsverfahren	32	5.3.1	Nachweis des Störungereignisses für die Prognose	47
3.3.1	Gemeinsame Elemente der Detektionsverfahren	32	5.3.2	Definition der Erkennungsquote	47
3.3.2	Die „erweiterte Situationserkennung“ und ihre Komponenten	35	5.3.3	Definition und Bestimmung der Fehlalarmquote	47
3.3.3	KalmanCremer_A3	36	5.4	Implementierung der Detektions- verfahren: Ausgangsgrößen im Feld ...	48
3.3.4	Fuzzy_B27	36	5.5	Gütekriterien der Detektionsverfahren ..	49
3.3.5	Makroskopischer Algorithmus	37	5.5.1	Darstellung des Nachweisproblems ...	49
			5.5.2	Detektionsquote und Fehlalarmquote ..	50
			5.5.3	Algorithmen für die Bestimmung der Detektionsquote und der Fehlalarmquote	50

5.5.4	Einschränkungen im Begriff der Fehlarmlarmquote	51	7.2	Design für die Untersuchung simulierter Unfälle	69
5.6	Vorgehensweise beim Umgang mit Daten	52	7.2.1	Geometrie	69
5.6.1	Behandlung unvollständiger oder fehlerhafter Verkehrsdaten	52	7.2.2	Erzeugung der Unfallstichproben	70
5.6.2	Rahmenbedingungen der Analyse und Verarbeitung aller Daten	52	7.2.3	Zuordnung der Verkehrskontexte	71
5.6.3	Allgemeine Behandlung unvollständiger Daten	53	7.2.4	Erzeugung der Eingangsdaten für die Simulation	72
5.7	Statistischer Rahmen	54	7.2.5	Bereinigung der Eingangsdaten	72
5.7.1	Bernoulli-Prozesse	54	7.3	Simulation	72
5.7.2	Statistisches Modell der Einflußfaktoren	55	7.3.1	Qualitative Testphase der Untersuchung	72
5.8	Referenzverfahren	56	7.3.2	Ablauf einer Simulation einer Störung	72
5.8.1	„Goldstandard“	56	7.4	Analyse: Geschwindigkeitseinbrüche als Nachweis für das Vorliegen einer Störung	73
5.8.2	Nachweis für das Vorliegen einer Störung	56	7.4.1	Prozedur zur Analyse der Geschwindigkeitseinbrüche	73
5.8.3	Referenzverfahren	56	7.4.2	Ergebnisse: Vollsperrung	73
5.8.4	Referenzebenen	56	7.4.3	Ergebnisse: Zwei Spuren blockiert	74
6	Ergebnisse der empirischen Untersuchung der Verfahren	57	7.4.4	Ergebnisse: Eine Spur blockiert	74
6.1	Prognoseverfahren	57	7.5	Analyse: Empfindlichkeit eines Verfahrens: Fuzzy_B27aA9	76
6.1.1	Prognosegüte des Verfahrens Unruhe_A3	57	7.5.1	Prozedur	76
6.1.2	Untersuchung des Verfahrens Traffic_Forecast_A3	58	7.5.2	Ergebnisse: Vollsperrung	77
6.1.3	Prognosegüte und Wirksamkeit des Verfahrens Ferrari_A1	59	7.5.3	Ergebnisse: Zwei Spuren blockiert	77
6.2	Detektionsverfahren	61	7.5.4	Ergebnisse: Eine Spur blockiert	77
6.2.1	Untersuchung des Verfahrens KalmanCremer_A3	61	7.6	Gegenüberstellung von Alarmen und Geschwindigkeitseinbrüchen: Reduzierung der falsch unterstellten Fehlalarme	79
6.2.2	Untersuchung der Verfahren Fuzzy_A9 und Kalman_A9	63	7.6.1	Prozedur zur Schätzung von P(g)	79
6.2.3	Empirische Untersuchung des Verfahrens Fuzzy_B27aA9	64	7.6.2	Ergebnisse: Vollsperrung	80
6.2.4	Untersuchung des Referenzverfahrens VKDIFF_FGV	66	7.6.3	Ergebnisse: Zwei Spuren blockiert	80
6.3	Schlußbemerkungen	68	7.6.4	Ergebnisse: Eine Spur blockiert	80
7	Simulationsgestützte Untersuchung	68	7.7	Diskussion der Resultate	82
7.1	Begründung und Ziele	68	7.7.1	Gegenüberstellung der Geschwindigkeitseinbruchquoten bei simulierten und registrierten Unfällen	82
7.1.1	Überblick	68	7.7.2	Gegenüberstellung der Trefferquote des Verfahrens Fuzzy_B27aA9 bei simulierten und registrierten Unfällen	84
7.1.2	Theorie: Geschwindigkeitseinbrüche als Nachweis für das Vorliegen einer Störung	69	7.7.3	Gegenüberstellung der Geschwindigkeitseinbrüche bei Unfällen und bei Alarmen	84
			7.7.4	Allgemeine Trends mit dem Grad der Beeinträchtigung	84

8	Diskussion und Folgerungen	85	I 1	Einführung	104
8.1	Interpretation und Verwendung der Erkennungsgütefunktion	85	I 2	Die mesoskopische Simulationstechnik	104
8.1.1	Hinweise zur Gegenüberstellung der Erkennungsgüte verschiedener Verfahren	85	I 2.1	Grundgleichungen	104
8.1.2	Abhängigkeit der Erkennungsgüte vom Kontext zwischen Testfeldern	86	I 2.2	Makroskopisches Wahrnehmungsbild	105
8.1.3	Abhängigkeit der Erkennungsgüte vom Kontext im Testfeld	86	I 2.3	„Smooth-Particle“ Hydrodynamik	105
8.1.4	Erkennungsgüte bei einem Verfahren mittels Zufallstreffer	87	I 2.4	Eichung und Güte	106
8.2	Diskussion und Gegenüberstellung der Ergebnisse	87	I 2.5	Mikroskopischer Algorithmus und Spurwechsel	106
8.2.1	Prognoseverfahren	87	I 2.6	Randbedingungen	107
8.2.2	Detektionsverfahren	88	I 3	Darstellung einer Störung	107
8.3	Sensitivität und Spezifität bei unvollständiger Information	92	II	Anhang: Exemplarische Kontrolluntersuchungen für Ferrari und Unruhe	109
8.4	Praktische Aspekte der Untersuchung	94	III	Anhang: Abkürzungen, Begriffe	112
8.4.1	Kontrolle einer Implementierung	94			
8.4.2	Algorithmischer Aufwand	94			
8.4.3	Aufwand für die Implementierung und die Kalibrierung	94			
8.5	Ausblick	95			
8.5.1	Schlußfolgerungen und Empfehlungen	95			
9	Vorschläge für weitergehende Untersuchungen	97			
9.1	Einleitung	97			
9.2	Verbesserter Nachweis für das Vorliegen einer Störung	97			
9.2.1	Notrufsäulen	97			
9.2.2	Plausibilitätsanalyse	97			
9.3	Unterstützung der Abnahme und Überprüfung von Verfahren	98			
9.3.1	Gezielte Abläufe	98			
9.3.2	Randomisierung der Unfallstichproben und Verkehrskontexte	99			
9.4	Weitere Gütekriterien	99			
9.4.1	Güte in Abhängigkeit von Sektorenlänge	99			
9.4.2	Detektionszeit	99			
10	Literatur	100			
I	Anhang: Beschreibung des Simulators ANIMAL	104			