

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung und grundsätzliche Vorgehensweise	4
2 Grundlagen	7
2.1 Verkehrstechnische Grundlagen	7
2.1.1 Stationäre Verkehrsdatenerfassung	10
2.1.2 Mobile Verkehrsdatenerfassung	14
2.1.3 Verfahren zur Verkehrszustandsschätzung	19
2.2 Grundlagen der drahtlosen Kommunikation	21
2.2.1 Wireless Local Network	23
2.2.2 Global System for Mobile Communication	25
2.2.3 General Packet Radio Service	27
2.2.4 Universal Mobile Telecommunications System	28
2.2.5 Bluetooth	31
2.3 Fahrzeugwiedererkennung	34
2.3.1 Fahrzeugsignaturen aus Induktivschleifendetektoren	34
2.3.2 Videobasierte Reisezeitmessung mittels Kennzeichenerfassung	36
2.4 Stand der Forschung	37
2.4.1 Mobilfunkdaten im Straßenverkehr	37
2.4.2 TrafficOnline	38
2.4.3 Do-iT	38
2.4.4 AKTIV-VM	39
2.4.5 NoW	41
3 Verfahren zur Identifikation mobiler Endgeräte	45
3.1 Einführung	45
3.2 Ermittlung von Reisezeiten anhand individueller Identifikationsmerkmale	46
3.3 Datenerfassung und -übertragung	49
3.3.1 Standorte	49
3.3.2 Datenversand und -aufkommen	50
3.4 Datenauswertung	52
3.4.1 Ermittlung der Reisezeit	54

3.4.2	Exponentielle Glättung erster Ordnung	65
3.4.3	Kalman-Filter für die Reisezeit	67
3.4.4	Autoregressive Integrated Moving Average	74
3.4.5	Ablauf der Datenauswertung	74
3.4.6	Datenqualität	77
3.5	Weitere Nutzungsmöglichkeiten der Erkennung mobiler Endgeräte im Verkehr	78
3.5.1	Ermittlung von Quelle-Ziel-Beziehungen	78
3.5.2	Ermittlung der Qualität des Verkehrs	82
3.5.3	Schätzung der Verkehrsstärke	84
3.6	Fehlerbetrachtung	86
3.6.1	Systematische Fehler	86
3.6.2	Zufällige Fehler	88
3.7	Zusammenfassung	90
4	Empirische Untersuchungen	93
4.1	Einführung	93
4.2	Erfassungseinrichtung	94
4.3	Voruntersuchungen mit einem Offline-System	95
4.3.1	Randbedingungen	96
4.3.2	Geräteerkennungen und Erkennungsrate	101
4.4	Online-System zur Erfassung von Bluetooth-Geräten	107
4.4.1	Hardware	107
4.4.2	Software	109
4.5	Testfelder	113
4.6	Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse	124
4.7	Offene Fragen	127
5	Verkehrstechnische Applikationen	131
5.1	Nutzbarkeit für Fahrerinformation	131
5.2	Möglichkeiten der technologischen Einführung	133
5.3	Beispiele für verkehrstechnische Anwendungen	134
5.3.1	Einführung	134
5.3.2	Umleitungsempfehlung	135
5.3.3	Verkehrslageerkennung auf Autobahnen	136
5.3.4	Routenwahl	137
5.4	Einsatzgrenzen des Systems	138
5.5	Kostenbetrachtung	140
6	Fazit und Ausblick	143
6.1	Zusammenfassung	143

6.2 Fazit	146
6.3 Ausblick	147
Abkürzungsverzeichnis	151
Verzeichnis verwendeter Formelzeichen	155
Literaturverzeichnis	159
Abbildungsverzeichnis	167
Tabellenverzeichnis	171
Anhang	173
A.1 Glättung	A-1
A.2 Kalman-Filter	A-3
A.3 Qualität des Verkehrsablaufs	A-6
A.4 Test auf Normalverteilung der Reisezeiten	A-7
A.5 Hardware	A-10
A.5.1 Hy-Line GSM-Modul	A-10
A.5.2 Bluetooth-Adapter RN-240	A-11