

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
1.1	Problemstellung . . . . .	1
1.2	Zielsetzung und grundsätzliche Vorgehensweise . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>7</b>
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
<b>3</b>	<b>Verfahren zur Identifikation mobiler Endgeräte</b>	<b>45</b>
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
<b>4</b>	<b>Empirische Untersuchungen</b>	<b>93</b>
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
<b>5</b>	<b>Verkehrstechnische Applikationen</b>	<b>131</b>
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
<b>6</b>	<b>Fazit und Ausblick</b>	<b>143</b>
6.1	Zusammenfassung . . . . .	143

---

6.2	Fazit . . . . .	146
6.3	Ausblick . . . . .	147
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>		<b>151</b>
<b>Verzeichnis verwendeter Formelzeichen</b>		<b>155</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>		<b>159</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>		<b>167</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>		<b>171</b>
<b>Anhang</b>		<b>173</b>
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