Inhalt

Teil 1: Verhalten von Sensoren für die Fahrbahnoberflächentempertur		7	Messfeldversuche mit eingebauten Sensoren im Winter 1999/2000	34
1	Einleitung			11
2	Ergebnisse bisheriger Untersuchungen zur Fahrbahnoberflächentemperatur für Glättemeldeanlagen			11
3	Ziel des Projektes			13
4	Einflüsse auf das Verhalten der Sensoren für die Fahrbahnoberflächentemperatur			13
5	Versuchsprogramm			14
6	Messfeldversuche mit eingebauten Sensoren im Winter 1997/98			15
6.1	Sensorauswahl			15
6.1.1	Sensoren für Referenzmessungen bei Eignungsprüfungen			15
6.1.2	Messung zusätzlicher Parameter			16
6.2	Messfeldaufbau			17
6.3	Kalibrierung der Temperatursensoren für die Fahrbahn			18
6.4	Einbau der Sensoren für Eignungsmessungen			18
6.5	Zeiträume der Messwerterfassungen – Witterungssituationen			20
6.6	Ergebnisse der eingebauten Sensoren			20
6.6.1	Auswertungsmethoden			20
6.6.2	Allgemeine Ergebnisübersicht			21
6.6.3	Vergleich von Sensoren gleicher Bauart			23
6.6.4	Vergleich der eingebauten Sensoren verschiedener Bauarten			26
6.7	Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse			32
		7.1	Auswahl und Einbau neuer Sensoren	34
		7.2	Messwerterfassung – Witterungsbedingungen	35
		7.3	Auswertung der Messergebnisse	36
		7.3.1	Allgemeine Ergebnisübersicht	36
		7.3.2	Vergleich von Sensoren gleicher Bauart	36
		7.3.3	Vergleich von Sensoren verschiedener Bauart	40
		7.4	Zusammenfassung der Ergebnisse des Winters 1999/2000	46
		8	Haltbarkeit der Sensoren unter Verkehr	47
		8.1	Einbau der Sensoren	47
		8.2	Messergebnisse	48
		8.2.1	Beobachtungen auf dem Messfeld	48
		8.2.2	Statistische Auswertungen	49
		8.2.3	Bewertung der Ergebnisse	52
		9	Vergleich zwischen Pyrometer und eingebauten Sensoren	52
		10	Messungen mit Sensoren für Abnahme- und Kontrollprüfungen	53
		10.1	Sensorauswahl	53
		10.2	Ergebnisse von Messungen über einen längeren Zeitraum	54
		10.3	Kurzzeitige Messungen	55
		11	Empfehlungen für Prüfverfahren	56
		11.1	Verfahren für Eignungsprüfungen	56
		11.2	Verfahren für Abnahme- und Kontrollprüfungen	57
		12	Zusammenfassung und Ausblick	57
			Literatur	59

Teil 2: Referenzmessverfahren für die Prüfung von Niederschlagsensoren

1	Einleitung	63
2	Bisherige Anforderungen an Niederschlagsensoren	63
3	Technischer Stand der Sensorik für die Niederschlagsintensität	64
4	Problemstellung und Entwicklungsziel	66
5	Referenzmessung für die Niederschlagsintensität	67
5.1	Verfahrensauswahl	67
5.2	Verfahrensdurchführung	67
5.3	Messergebnisse	68
5.3.1	Auswerteverfahren	68
5.3.2	Vergleich der Messwerte zwischen zwei Auffangschalen mit 200 cm ² Fläche	69
5.3.3	Vergleich der Messwerte zwischen zwei Auffangschalen mit 400 cm ² Fläche	71
5.4	Vergleich der Ergebnisse mit 200 cm ² und 400 cm ² Auffangfläche	72
6	Referenzmessungen zu Sensoren für die Niederschlagsintensität	74
7	Anforderungen an die Sensoren für die Niederschlagsintensität	76
8	Prüfung von Sensoren für die Niederschlagsintensität	77
8.1	Anwendungsbereich und Kurzbeschreibung	77
8.2	Einrichtungen, Geräte und Hilfsmittel	77
8.3	Versuchsdurchführung	77
8.3.1	Vorbereitung der Messungen	77
8.3.2	Durchführung der Messung	77
8.4	Anzahl der Messungen und Ergebnisbewertungen	79
9	Zusammenfassung und Ausblick ...	79
	Literatur	80

Teil 3: Entwicklung von Prüf- und Kalibriermethoden für Fahrbahnfeuchtesensoren

1	Einleitung	85
2	Fahrbahnfeuchte bei der Glättebildung – Kenntnisstand	85
2.1	Definitionen zur Fahrbahnfeuchte ...	85
2.2	Definition der kritischen Wasserfilmdicke bei der Glättebildung	86
2.3	Einflüsse auf die Fahrbahnfeuchte ...	86
3	Technischer Stand der Sensorik für die Fahrbahnfeuchte	87
4	Entwicklungsziel	89
5	Kritische Wasserfilmdicken für die Glättebildung	89
5.1	Vorliegende kritische Wasserfilmdicken für die Glättebildung	89
5.2	Weitere Untersuchungen zur Bestimmung der kritischen Wasserfilmdicke	89
5.2.1	Versuchsdurchführung	89
5.2.2	Auswahl der Probestücke	90
5.2.3	SRT-Pendelverfahren bei tiefen Temperaturen	90
5.2.4	Messergebnisse	91
6	Auftragen einer gleichmäßigen Wasserfilmdicke	93
6.1	Beschreibung Prüfvorrichtung	93
6.2	Gleichmäßigkeit der Wasserfilmauftragung	94
6.3	Wiederholbarkeit der Auftragungen .	95
7	Anwendung des Messverfahrens im Labor und auf der Fahrbahn ...	96
7.1	Beschreibung der Testdurchführung	96
7.2	Ergebnisse und Beobachtungen bei Tests der Spritzvorrichtung	96
8	Anforderungen an die Sensoren für die Fahrbahnfeuchte	98
9	Zusammenfassung und Ausblick	99
	Literatur	101

Teil 4: Verfahren zur Prüfung von Sensoren für die Gefriertemperatur		8.3.2 Durchführung der Sensorprüfung	124
1	Einleitung	8.4 Anzahl der Messungen und Ergebnisbewertungen	124
2	Problem, Ziel, Nutzen	9 Zusammenfassung und Ausblick	125
3	Technischer Stand der Sensorik für die Gefriertemperatur	Literatur	125
4	Anforderungen an die Sensoren für die Gefriertemperatur		
5	Anforderungen an die Prüfvorrichtung		
6	Auftragen eines gleichmäßigen dünnen Lösungsfilmes		
6.1	Beschreibung Prüfvorrichtung		109
6.2	Nachweis der Gleichmäßigkeit der Auftragung		110
6.2.1	Verfahrensbeschreibung		110
6.2.2	Gleichmäßigkeit von Wasserfilmen		111
6.2.3	Gleichmäßigkeit von Lösungsfilmen		114
6.3	Zusammenfassung der Ergebnisse		117
7	Erfahrungen aus dem Einsatz der Prüfvorrichtung auf Straßen		118
7.1.1	Beschreibung der Versuchsdurchführung		118
7.1.2	Ergebnisse und Bewertung zu den einzelnen Sensoren		118
7.2	Zusammenfassende Ergebnisbewertung		121
7.3	Vergleich der Messergebnisse mit anderen Messungen		121
7.4	Sonstige Einsätze der Prüfvorrichtung		123
8	Aufstellung eines Prüfverfahrens		123
8.1	Anwendungsbereich und Kurzbeschreibung		123
8.2	Einrichtungen, Geräte und Hilfsmittel		124
8.3	Versuchsdurchführung		124
8.3.1	Vorbereitung der Messungen (Kalibrierung im Labor)		124