

Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik

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

Weiterentwicklung des Frosthebungsversuchs

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Weingart

Dr.-Ing. (FH) Marko Wieland

Hochschule Anhalt (FH)

Bereich Architektur und Bauingenieurwesen

Abteilung Straßenbautechnik Dessau

September 2005

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

ULB Darmstadt



16307530

Inhalt

1	Einführung	13	5.1.3	Befrostungstemperatur und vertikaler Temperaturgradient	39
2	Aufgabenstellung, Arbeitsablauf, Begriffe	13	5.1.4	Temperaturbedingungen für den Auftauprozess	40
2.1	Allgemeine Frostbegriffe	14	5.1.5	Frosteindring- und Auftaugeschwindigkeiten	41
2.2	Allgemeine Abkürzungen und Formelzeichen	16	5.1.6	Versuchsdauer	42
2.3	Allgemeine Begriffe zum Frosthebungsversuch	16	5.1.7	Anzahl der Frost-Tau-Perioden	43
3	Zusammenstellung verschiedener Versuchsaufbauten und Versuchsvarianten	17	5.1.8	Auflast	43
3.1	Frosthebungsversuch nach BEESKOW, DÜCKER	17	5.1.9	Tragfähigkeitsprüfung	43
3.2	Frosthebungsversuch nach KLENGEL	18	5.2	Probenkennwerte	44
3.3	Frosthebungsversuch nach BRANDL/WAIBEL	19	5.2.1	Probengröße	45
3.4	Frosthebungsversuch nach HEITZER	19	5.2.2	Größtkorn	45
3.5	Frosthebungsversuch nach KUJALA	20	5.2.3	Einbaudichte, Einbauwassergehalt und Verdichtungsmethode	46
3.6	Frosthebungsversuche nach KRASS, LOTTOMANN, WIELAND	21	5.2.4	Wassergehalt der Probe	47
3.7	Frosthebungsversuche in Österreich	23	5.2.5	Sättigungsgrad	48
3.8	Frosthebungsversuche in der Schweiz	24	5.2.6	Aufbereitung des Probenmaterials	48
3.9	Frosthebungsversuch nach TP BF-StB, Teil 11.5	25	5.2.7	Thermophysikalische Eigenschaften	48
4	Daten des Deutschen Wetterdienstes	26	5.3	Versuchsapparatur	49
4.1	Berechnung der Tagesmitteltemperatur	27	5.3.1	Versuchszylinder	49
4.2	Temperaturganglinien der Wetterstationen	28	5.3.2	Horizontaler Temperaturgradient im Probekörper	51
4.3	Temperatursummenkurven	30	5.3.3	Vermeidung von Wärmeverlusten	52
4.4	Frosteindringtiefen	31	5.3.4	Probenumbau	53
4.5	Temperaturgradienten im Boden	32	5.3.5	Art der Befrostung	53
4.6	Straßenzustands- und Wetterinformationssystem SWIS	35	5.3.6	Wasserversorgung des offenen Systems und Temperierung des Wassers	55
4.7	Versuchsfeld HSA Dessau	36	5.3.7	Hydrostatischer Wasserdruck	55
5	Vorbetrachtungen zum Frosthebungsversuch	37	5.3.8	Auflast	56
5.1	Versuchsablauf	37	5.3.9	Messsensoren	56
5.1.1	Wirkungsrichtung des Frostes	37	5.4	Auswertung	58
5.1.2	Offenes und geschlossenes System	39	5.4.1	Österreich	58
			5.4.2	Schweiz	58
			5.4.3	Frankreich	58
			5.4.4	England, USA	59
			6	Experimentelle Untersuchungen zum Frosthebungsversuch	59
			6.1	Versuchsapparatur	59
			6.2	Probenvorbereitung	62
			6.3	Herstellung der Probekörper	62
			6.4	Einbau der Temperaturfühler	63
			6.5	Einbau der Probezylinder in das Kühlsystem	63
			6.6	Wasserbad	63
			6.7	Versuchsdurchführung	63
			6.8	Messungen während des Frosthebungsversuchs	64

7	Versuchsreihe 1 (Vergleichsversuche mit grobkörnigen Proben)	64
8	Versuchsreihe 2 (Untersuchungen zur Prüfgenaugigkeit)	66
9	Versuchsreihe 3 (Untersuchungen zur Anwendung von Wärmeleitpaste)	69
10	Konstruktive Veränderungen an der Versuchsapparatur	72
11	Versuchsreihe 4 mit konstanter Befrostungstemperatur	73
12	Zusammenfassung	77
	Literatur	80
	Anlage W	83
	Temperaturganglinien für die Winterperioden 1993/1994 bis 2002/2003 der Wetterstationen des Deutschen Wetterdienstes Halle-Kröllwitz, Leipzig-Schkeuditz, Berlin-Dahlem und Wernigerode für die Lufttemperaturen in 2 m und 5 cm Höhe sowie die Bodentemperaturen in 5 cm, 10 cm, 20 cm, 50 cm und 100 cm Tiefe	
	Anlage TP	105
	Entwurf der Technischen Prüfvorschrift für Boden und Fels im Straßenbau TP BF-StB – Frosthebungsversuch –	