

# Inhaltsverzeichnis

Seite

<b>1.</b>	<b>Aufgabenstellung - Zielsetzung.....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Grundlagen zur Berechnung von Wasserströmungen im Boden....</b>	<b>3</b>
2.1	Vorbemerkung - Einordnung der Thematik.....	3
2.2	Physikalische Grundlagen.....	5
2.2.1	Eigenschaften des Wassers.....	5
2.2.2	Eigenschaften des Kornhaufwerkes.....	7
2.2.3	Elektromolekulares Kraftfeld zwischen Wasser und Kornhaufwerk.....	12
2.3	Erscheinungsformen des Wassers im Boden.....	14
2.4	Bewegungen des Wassers im Boden.....	17
2.4.1	Phasenbewegungen.....	17
2.4.2	Durchströmung des Kornhaufwerkes.....	22
2.5	Grundlagen zur Berechnung von Wasserströmungen in homogenen isotropen Böden.....	24
2.5.1	Das Gesetz von Darcy.....	24
2.5.2	Voraussetzungen und Grenzen des Darcyschen Gesetzes.....	26
2.6	Geschwindigkeitsbegriffe und -definitionen der Wasserbewegung.....	30
2.6.1	Allgemeines.....	30
2.6.2	Filtergeschwindigkeit.....	31
2.6.3	Bahngeschwindigkeit.....	32
2.6.4	Abstandsgeschwindigkeit.....	33
2.6.5	Porengeschwindigkeit.....	36

<b>3.</b>	<b>Geotechnische Untersuchung der Versuchsböden.....</b>	<b>37</b>
3.1	Allgemeines .....	37
3.2	Beschreibung der Versuchsböden.....	38
3.2.1	Bodenmechanische Kenngrößen .....	39
3.2.2	Kornstruktur .....	42
3.3	Bestimmung der Durchlässigkeit nichtbindiger Kornhaufwerke mittels Laborversuche.....	44
3.3.1	Versuchsanordnung und -auswertung bei konstanter Druckhöhe und senkrecht zur Schichtung wirkender Strömungswiderstände (vertikales Durchlässigkeitsverhalten).....	44
3.3.1.1	Beobachtung des Durchlässigkeitsverhaltens bei Verwendung unterschiedlicher Strömungsmedien .....	47
3.3.1.2	Bewertung der Versuchsergebnisse.....	51
3.3.2	Versuchsanordnung und -auswertung bei konstanter Druckhöhe und parallel zur Schichtung wirkender Strömungswiderstände (horizontales Durchlässigkeitsverhalten).....	52
3.3.3	Vertikales- und horizontales Durchlässigkeitsverhalten der Modellsande in Abhängigkeit variabler Porenanteile bzw. Lagerungsdichten .....	56
<b>4.</b>	<b>Infiltrationsversuche in das Graben- und Kreissektormodell als ebener- und räumlicher stationärer Versickerungszustand.....</b>	<b>59</b>
4.1	Herstellung und Aufbewahrung von luftfreiem, voll entsalzten Wasser (entl. VE-W) für großmaßstäbliche bodenmechanische Laborversuche.....	59
4.1.1	Physikalische Grundlagen der Löslichkeit von Gasen .....	59
4.1.2	Grundlagen der Adsorption - Entlüftung mittels Aktivkohle .....	60
4.1.3	Beschreibung der Entlüftungsapparatur sowie der eingesetzten Aktivkohle .....	62
4.2	Experimentelle Analyse der Wasserbewegung in nichtbindigen Böden bei stationärer Durchströmung.....	63

4.2.1	Konzeption.....	63
4.2.2	Prinzip der Widerstandsmessung zur Bestimmung der Abstandsgeschwindigkeit .....	64
4.2.3	Das Widerstandsmeßelement .....	66
4.2.4	Beobachtung des Fließverhaltens mittels Markierungsversuch - Wahl des Tracers .....	67
4.2.4.1	Überprüfung des Durchlässigkeitsverhaltens bei Durchströmung mit einer NaCl-Tracerlösung.....	70
4.3	Versuchsaufbau der Infiltrationsmodelle .....	71
4.3.1	Vorgehensweise - Allgemeines .....	71
4.3.2	Meß- und Steuereinrichtung zur Analyse der Fließbewegung .....	71
4.3.2.1	Meßstellenumschalter mit integrierter Brückenschaltung.....	73
4.3.2.2	Meß- und Steuerungsprogramm.....	75
4.3.3	Anordnung von Standrohren und Widerstandsmeßelementen in den Versickerungsmodellen .....	77
4.3.3.1	Grabenmodell .....	77
4.3.3.2	Kreissektormodell .....	78
4.4	Beschreibung des Durchströmungsablaufes .....	80
4.5	Versuchsparameter .....	81
<b>5.</b>	<b>Ergebnisse der stationären Infiltration und Durchströmung des ebenen Versickerungsmodells (Graben).....</b>	<b>83</b>
5.1	Vorbemerkung .....	83
5.2	Versuchsergebnisse der Versickerung im Grabenmodell.....	84
5.2.1	Lage der stationären Sickerlinien in den Modellsanden A - C und zugehörige Infiltrationsraten. ....	84
5.2.2	Widerstandsmessungen zur Analyse der Wasserbewegung in den Kornhaufwerken.....	86
5.3	Auswertung.....	89

5.3.1	Durchströmtes Bodenvolumen - Geometrie der stationären Sickerlinien .....	89
5.3.2	Infiltrationsraten in Abhängigkeit des Bodenzustandes.....	92
5.3.3	Dominierende Abstandsgeschwindigkeiten.....	93
5.3.4	Filtergeschwindigkeiten .....	100
5.3.4.1	Überprüfung der Gültigkeit des Darcyschen Gesetzes bei der Grabenversickerung .....	100
<b>6.</b>	<b>Ergebnisse der stationären Infiltration und Durchströmung des räumlichen Versickerungsmodells (Kreissektor) .....</b>	<b>105</b>
6.1	Vorbemerkung .....	105
6.2	Versuchsergebnisse der Versickerung im Kreissektor .....	105
6.2.1	Lage der stationären Sickerlinien in den Modellsanden A - C und zugehörige Infiltrationen .....	105
6.2.2	Widerstandsmessungen zur Analyse der Wasserbewegung in den Kornhaufwerken.....	112
6.2.2.1	Widerstandsmessungen im Bereich der Kontrollachsen zur Beobachtung des radialsymmetrischen Fließverhaltens .....	114
6.3	Auswertung.....	116
6.3.1	Durchströmter Bodenquerschnitt - Geometrie der stationären Sickerlinie .....	116
6.3.2	Gemessene Infiltrationsraten - Rechnerische Wasseraufnahme eines vollkommenen Einzelbrunnens .....	119
6.3.3	Dominierende Abstandsgeschwindigkeiten.....	122
6.3.4	Filtergeschwindigkeiten .....	131
6.3.4.1	Überprüfung der Gültigkeit des Darcyschen Gesetzes bei der Kreissektorversickerung .....	132
<b>7.</b>	<b>Bewertung der ermittelten Abstandsgeschwindigkeiten .....</b>	<b>134</b>

<b>8.</b>	<b>Berechnungsvorschlag</b> .....	136
8.1	Vorbemerkung .....	136
8.2	Berechnungsvorschlag zur Ermittlung der Infiltrationsrate bei Grabenversickerung .....	136
8.3	Berechnungsvorschlag zur Ermittlung der Infiltrationsrate bei Versickerung durch einen vollkommenen Einzelbrunnen.....	139
<b>9.</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	143
<b>10.</b>	<b>Literatur</b> .....	146
	<b>ANHANG</b> .....	152