

Mitteilungen
aus dem Fachgebiet
Grundbau
und Bodenmechanik

22

Herausgegeben von
Professor Dr.-Ing. W. Richwien
Universität - Gesamthochschule Essen

**Untersuchungen zur
Gasdurchlässigkeit trockener
und teilgesättigter Sande**

von
Hans - Gerd Schoen

Verlag Glückauf GmbH

Essen 1996

Inhaltsverzeichnis

	Seite	
1	Einführung und Aufgabenstellung	1
2	Gesetzmäßigkeiten von Strömungen in Lockerböden	4
2.1	Vorbemerkung	4
2.2	Laminare Strömung	7
2.2.1	Schichtenströmung und Reibungsgesetz von NEWTON	7
2.2.2	Laminare Strömung in geraden kreisförmigen Kapillaren	9
2.2.3	Laminare Strömung in Lockerböden	10
2.2.4	Gültigkeitsgrenzen für laminare Strömungen in Lockerböden	14
2.2.5	Hydraulische Ersatzradien	15
2.3	Turbulente Strömung	16
2.3.1	Turbulente Strömung in geraden kreisförmigen Kapillaren	16
2.3.2	Mechanische Ähnlichkeit von Strömungen	17
2.3.3	Gesetzmäßigkeiten bei turbulenten Strömungen in Rohrleitungen	20
2.3.4	Turbulente Strömung in Lockerböden	22
2.3.5	Abgrenzung zwischen laminarer und turbulenter Strömung in Lockerböden durch die kornspezifische REYNOLDS-Zahl	23
2.3.6	Beschreibung des geschwindigkeitsabhängigen Durchflußwiderstands bei turbulenten Strömungen	25
2.4	Molekularströmung	26
2.4.1	Molekularströmung in geraden kreisförmigen Kapillaren	26
2.4.2	Molekularströmung in Lockerböden	31
2.4.3	Abgrenzung zwischen molekularer und laminarer Strömung in Lockerböden	32
2.5	Mehrphasenströmungen in Lockerböden	33
2.5.1	Grundlagen	33
2.5.2	Grenzen zwischen Mehrphasen- und Einphasenströmungen in Lockerböden	38
2.6	Zusammenfassende Bewertung der strömungstheoretischen Grundlagen	39

3	Bisherige Untersuchungen zur Gasdurchlässigkeit trockener und teilgesättigter Lockerböden	40
3.1	Laboruntersuchungen an Lockerböden	40
3.1.1	Versuche von WAGNER	40
3.1.2	Versuche von SCHENCK ZU SCHWEINSBERG	43
3.1.3	Versuche von STROBL	44
3.1.4	Versuche von KISTER	46
3.1.5	Versuche von RUIZ-RODRIGUEZ	51
3.1.6	Versuche von WYCKOFF und BOTSET	55
3.2	Feldversuch in Lockerboden von KRAMER und SEMPRICH	57
3.3	Artverwandte Untersuchungen	60
3.3.1	Laboruntersuchungen an Sandsteinen und Glasfiltern von KLINKENBERG	60
3.3.2	Luftdurchlässigkeitsbestimmung von Lockerböden für ackerbauliche Zwecke	63
3.3.3	Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Beton	65
3.4	Bewertung der bisherigen Untersuchungen	67
4	Versuchsprogramm und Versuchsaufbau	69
4.1	Versuchskonzept und variierte Versuchsparameter	69
4.2	Versuchsapparatur	71
4.3	Auswahl und Beschreibung der untersuchten Sande und Kiese	79
4.4	Maßnahmen zur Verminderung von Randumläufigkeiten	81
4.5	Versuchsdurchführung und Meßprogramm	83
4.5.1	Versuche an trockenen Sanden und Kiesen	83
4.5.2	Versuche an teilgesättigten Sanden und Kiesen	86
4.5.3	Vergleichende Versuche zur Luft- und Wasserdurchlässigkeit	89
4.6	Genauigkeit der Messungen	91

5	Versuchsergebnisse	95
5.1	Vorbermerkung zur Darstellung der Versuchsergebnisse	95
5.2	Luftdurchlässigkeit	95
5.2.1	Einfluß der Sandart	95
5.2.2	Einfluß der Einbaudichte	98
5.2.3	Einfluß des Wassergehalts	100
5.2.4	Einfluß der Versuchszylinderabmessungen	106
5.2.5	Einfluß der Kompressibilität der Luft	107
5.3	Potentialabbau	110
5.4	Vergleich Wasser- und Luftdurchlässigkeit	112
5.5	Gültigkeitsbereich des erweiterten DARCY-Ansatzes für Gas- und Wasserströmungen im Boden	116
5.5.1	Abgrenzung zwischen laminarer und turbulenter Strömung	116
5.5.2	Abgrenzung zwischen laminarer und molekularer Strömung	122
5.5.3	Abgrenzung zwischen Einphasen- und Mehrphasenströmung	122
5.6	Gesetzmäßigkeiten von turbulenten Strömungen im Boden	123
6	Vorschlag zur Bestimmung des Durchlässigkeitsver- haltens von Sanden für beliebige NEWTONsche Fluide	132
6.1	Vorbemerkung und Modellvorstellung	132
6.2	Modellverifikation	139
6.2.1	Einfluß der Sandart	139
6.2.2	Einfluß der Einbaudichte	141
6.2.3	Einfluß des Wassergehaltes	143
6.3	Anwendungsbeispiele	145
6.3.1	Übergang von laminarer zu turbulenter Strömung	145
6.3.2	Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Sanden mittels Wasserdurchlässigkeitsbestimmung nach DIN 18130	147
6.3.3	Bestimmung der gradientabhängigen Wasserdurchlässigkeit von Kiesen und Schotter	149
7	Zusammenfassung	151
8	Literatur	154